پروفیسر حمید عسکری

حرارت

بی ایس سی
کے لیے

مرکزی اُردو بورڈ

حرارت

بی ایس سی کے لیے

پروفیسر حمید عسکری
ایم-ایس سی

مرکزی اُردو بورڈ - لاہور

باراول : اپریل ۱۹٦٦ء

ناشر : احمد الدین اظہر

ڈائریکٹر مرکزی اردو بورڈ ، لاہور

طابع : ایس - ایم - شفیق

مہتمم شفیق پریس ، لاہور

ا

دیباچہ

مرکزی اردو بورڈ لاہور نے بی - ایس سی کے لیے سائنس کی درسی کتابیں شائع کرنے کا جو منصوبہ بنایا تھا اس کی پہلی کتاب 'مادے کے خواص' جولائی ۱۹۶۵ء میں طبع ہوئی تھی اور اب اپریل ۱۹۶۶ء میں اس منصوبے کی دوسری کتاب 'حرارت' زیور طبع سے آراستہ ہوئی ہے - یہ دونوں کتابیں سائنس کی مشہور شاخ طبیعیات (یعنی فزیکس) سے متعلق ہیں اور راقم الحروف کی لکھی ہوئی ہیں -

'مادے کے خواص' کی طرح 'حرارت' کی تالیف میں بھی ان سفارشات کی پوری پوری پیروی کی گئی ہے جو مرکزی اردو بورڈ کی سائنس کمیٹی نے اپنے پہلے اجلاس منعقدہ ۲۹ اپریل ۱۹۶۳ء میں بالاتفاق منظور کی تھیں اور جن کی توثیق بعد میں بورڈ نے اپنے تیسرے اجلاس منعقدہ ۱۱ جولائی ۱۹۶۳ء میں کردی تھی - چونکہ اردو میں سائنس کی کتابوں کی تالیف و اشاعت میں یہ سفارشات ایک بنیادی حیثیت رکھتی ہیں ، اس لیے بورڈ کے اجلاس کی مطبوعہ رپورٹ میں سے انھیں ذیل میں بجنسہ نقل کیا جاتا ہے -

> "سائنس کمیٹی کے اجلاس منعقدہ ۲۹ اپریل ۱۹۶۳ء میں طے پایا کہ بی - ایس سی پاس کورس کی نصابی کتابوں کی تصنیف و تالیف و اشاعت کا بندوبست کیا جائے - کتابوں میں ضروری اشکال ، تصاویر اور گراف وغیرہ شامل ہوں - اردو کی ہر اصطلاح کے ساتھ ساتھ خطوط وحدانی میں انگریزی اصطلاح انگریزی حروف میں درج کی جائے طبیعیات میں حسابی عمل ، کیمیا میں فارمولے اور مساواتیں ، اور نباتیات

اور حیوانیات میں تمام لاطینی اسماء بین الاقوامی صورت میں درج کیے جائیں - ہندسے بھی بین الاقوامی صورت میں لکھے جائیں - ہر کتاب کی تصنیف و تالیف میں پاکستان کی سب یونیورسٹیوں کے نصابوں کو پیش نظر رکھا جائے -"

'حرارت' کی تالیف میں ان تمام فیصلوں کی ، جو راقم الحروف کے نزدیک نہایت درست فیصلے ہیں ، پوری پوری پابندی کی گئی ہے - اس کتاب میں تمام تشریحات و توضیحات اردو میں ہیں کیونکہ یہ اردو ہی کی کتاب ہے - البتہ حسابی عمل جہاں کہیں وہ آئے ہیں ، بین الاقوامی طرز میں (یعنی لاطینی اور یونانی حروف میں) درج کیے گئے ہیں - یہ حسابی عمل نہ صرف مغربی زبانوں مثلاً انگریزی ، فرانسیسی ، جرمن ، روسی وغیرہ کی فزیکس کی کتابوں میں اسی طور سے ملتے ہیں بلکہ بعض مشرقی زبانوں مثلاً فارسی ، ہندی اور بنگالی کی طبیعیات کی کتابوں میں بھی انھیں اسی طریقے سے لکھا جاتا ہے - خود اردو میں بھی طبیعیات اور ریاضی کی جو کتب مغربی پاکستان میں میٹرک اور انٹرمیڈیٹ کی جماعتوں میں رائج ہیں ، ان میں یہ عمل بین الاقوامی طرز ہی میں رقم کیے گئے ہیں اور یہ تمام وجوہ ایسی ہیں جن کے بعد بی - ایس سی کی فزیکس کی کتابوں میں ریاضی کے ان کے عملوں کو کسی اور طرز میں لکھنے کا سوال ہی پیدا نہیں ہوتا -

اس کتاب میں ہندسوں کے استعمال میں بھی سائنس کمیٹی کے فیصلے کی پابندی کی گئی ہے اور ہندسے تمام کے تمام بین الاقوامی طرز میں رقم کیے گئے ہیں - ایسا کرنا بالکل قدرتی تھا کیونکہ جب ایک بار یہ اصول قرار پا چکا ہو کہ طبیعیات کی کتابوں میں ریاضی کے تمام اعمال لاطینی اور یونانی حروف کی مروجہ بین الاقوامی علامتی زبان میں درج کیے جائیں گے تو ان کے ساتھ ہندسوں کو بھی اسی طرز میں لکھنا ضروری ہو جاتا ہے ، ورنہ اگر ہندسوں کو بدل دیا جائے تو مثال کے طور پر $\sin 2\theta$ کو $\sin ۲\theta$ اور $\int x^3 dx$ کو $\int x^{۳} dx$ لکھنا پڑے گا اور اس طرح ایک عجیب صورت پیدا ہو جائے گی -

'حرارت' میں اصطلاحات اردو ہی کی استعمال کی گئی ہیں کیونکہ سائنسی اصطلاحات جب اپنی زبان میں پیش کی جائیں تو ان کے مطالب سمجھنے میں طلبہ کو آسانی ہوتی ہے۔ البتہ چند ایسی انگریزی اصطلاحوں کو جو اس سے پہلے ہماری زبان میں عام استعمال ہو رہی ہیں، اسی طور سے درج کرنے میں کوئی مضائقہ نہیں سمجھا گیا۔

سائنس کمیٹی کے فیصلے کے مطابق ہر سائنسی اصطلاح کے بعد انگریزی اصطلاح انگریزی حروف میں لکھی گئی ہے۔ اس طریقے کی افادیت اصولاً تو سب کے نزدیک مسلم ہے، البتہ اسے عملی جامہ پہناتے وقت دو انتہا پسند نظریے پیدا ہو سکتے ہیں۔ چنانچہ ایک نظریہ یہ ہے کہ اگر کوئی اصطلاح ایک کتاب میں مثال کے طور پر سو مرتبہ آئے تو صرف ایک بار تو اردو اصطلاح کے ساتھ انگریزی اصطلاح درج کر دی جائے مگر اس کے بعد پوری کتاب میں انگریزی کی اصطلاح دوبارہ کبھی نہ آئے۔ دوسرا نظریہ یہ ہے کہ اگر کتاب میں اردو کی اصطلاح سو مرتبہ استعمال ہوتی ہو تو سو مرتبہ ہی اس کے ساتھ انگریزی اصطلاح لکھی جائے۔ راقم الحروف کے نزدیک یہ دونوں طریقے افراط اور تفریط پر مبنی ہیں اور صحیح راستہ ان کے درمیان کا راستہ ہے جسے اس کتاب میں اختیار کیا گیا ہے۔ اس طریقے کے مطابق اگر کوئی اردو اصطلاح ایسی ہے جس سے طلبہ پہلے سے واقف ہیں تو چند متفرق مقامات پر تو اس اصطلاح کے ساتھ انگریزی اصطلاح درج کر دی گئی ہے مگر بیشتر مقامات پر سے انگریزی اصطلاح کو حذف کر دیا گیا ہے۔ لیکن اگر کوئی اردو اصطلاح نئی ہے اور اس سے طلبہ پہلے سے واقف نہیں ہیں تو اس اصطلاح کے ساتھ بیشتر مقامات پر انگریزی اصطلاح درج کی گئی ہے۔ البتہ بعض مقامات پر سے انگریزی اصطلاح کو حذف بھی کر دیا گیا ہے۔

اس کتاب میں سائنسی آلات کے نام اردو اور انگریزی دونوں زبانوں میں درج کیے گئے ہیں۔ انگریزی میں اس لیے کیونکہ ہمارے طلبہ، اساتذہ اور لیباریٹری اسسٹنٹ ان آلات کو ان کے انگریزی ناموں

ھی سے جانتے ھیں اور اردو میں اس لیے کیونکہ ھمارے اصطلاح سازوں نے بڑی محنت کے بعد ان کے لیے اردو نام وضع کیے ھیں جنھیں ناظرین سے روشناس کرانا ضروری ھے - زبان کے ارتقا کے عام اصول کے مطابق ان میں سے بعض اردو نام رفتہ رفتہ انگریزی ناموں کی جگہ لے لیں گے اور انگریزی ناموں کو خارج کر دیں گے - البتہ بعض انگریزی نام ایسے بھی ھوں گے جو مستقل حیثیت سے ھماری زبان کا جزو بن جائیں گے جیسا کہ متعدد انگریزی نام پہلے بن چکے ھیں ، مثلاً مشین ، انجن ، بیٹری وغیرہ جن کے اردو مترادفات کی اب ضرورت باقی نہیں رھی - زبان میں نئے الفاظ کو اپنے اندر سمونے کا یہ عمل تواتر سے جاری ھے اور اس کی راہ میں کوئی مصنوعی رکاوٹ کھڑی نہیں کی جا سکتی -

اب 'حرارت' کی اس کتاب کی ضخامت کے متعلق کچھ عرض کرنا ھے - بورڈ کے فیصلے کے مطابق اس کتاب کی تالیف میں یہ التزام کیا گیا ھے کہ یہ کتاب پاکستان کی تمام یونیورسٹیوں کے اس نصاب پر پوری طرح حاوی ھو جو بی - ایس سی فزیکس میں 'حرارت' کے لیے مقرر کیا گیا ھے - اس وقت 'حرارت' پر انگلستان اور امریکہ کی شائع شدہ متعدد انگریزی کتابیں ھمارے طلبہ اور اساتذہ کے زیر مطالعہ رھتی ھیں جن میں بعض کافی ضخیم ھیں - لیکن اس کے باوجود ان میں سے کوئی ایک کتاب ایسی نہیں ھے جو ھماری یونیورسٹیوں کے نصاب کو کاملاً پورا کرتی ھو - اس وجہ سے ھمارے طلبہ اور اساتذہ جب ان میں سے کسی ایک کتاب کو زیر درس لاتے ھیں تو اس کی کمی کو وہ دیگر کتابوں سے پورا کرتے ھیں اور چونکہ 'حرارت' پر انگریزی کی بہت سی کتابیں موجود ھیں اس لیے انھیں اس بارے میں کوئی خاص مشکل پیش نہیں آتی - لیکن پاکستان میں بی-ایس سی کے اردو خوان طلبہ کے لیے موجودہ کتاب ھی 'حرارت' کی اولیں اور واحد کتاب ھے ، اس لیے اگر اس کتاب کی تالیف میں اختصار اور اجمال سے کام لیا جاتا تو اس کی کمی کو کسی اور کتاب سے پورا کرنے کی کوئی صورت نہ تھی - اس لیے راقم الحروف نے کوشش کی ھے کہ اس

کتاب کو اتنی شرح و بسط کے ساتھ لکھا جائے کہ اس کے مطالعے کے بعد ہماری ساری یونیورسٹیوں میں بی۔ ایس سی کے طلبہ کو 'حرارت' کی کسی اور کتاب کی ضرورت باقی نہ رہے ۔ اس کوشش میں کتاب کی ضخامت کا بڑھ جانا ضروری تھا جسے ایک عظیم تر مقصد کے لیے گوارا کر لیا گیا ۔ موجودہ کتاب کی ضخامت اگر بعض ناظرین کے نقطۂ نظر سے زیادہ ہے تو اس کی پہلی وجہ تو یہی ہے کہ اس کتاب کو مضمون کے لحاظ سے کسی طرح بھی تشنہ نہیں رکھا گیا لیکن اس کی ایک اور وجہ اردو ٹائپ اور انگریزی ٹائپ کی طباعت کا فرق ہے جس کے مطابق انگریزی ٹائپ کے ایک سو صفحوں میں جتنا مواد آ جاتا ہے اردو ٹائپ میں اتنا مواد ۱۴۰ صفحوں میں آتا ہے ۔ اس لحاظ سے اگرچہ اس کتاب کی ضخامت ایک ہزار صفحات کے لگ بھگ ہے لیکن انگریزی ٹائپ کے اعتبار سے وہ سات سو صفحوں کے برابر ہے ۔ اور ایک ایسی کتاب کے لیے جو تمام یونیورسٹیوں کے نصاب کو پورا کرتی ہو اور جس میں حل شدہ حسابی مثالوں کی بھی ایک مناسب تعداد شامل کی گئی ہو، سات سو صفحوں کی یہ ضخامت زیادہ نہیں ہے ۔ اس کا مزید ثبوت یہ ہے کہ بھارت کے ایک مصنف ڈی ۔ ایس ماتھر نے بی ۔ ایس سی کے لیے 'حرارت' پر ایک کتاب انگریزی میں شائع کی ہے جس میں اس نے کوشش کی ہے کہ اس کتاب کے بعد بی ۔ ایس سی کے طلبہ کو کسی اور کتاب کی ضرورت باقی نہ رہے ۔ وہ اپنی اس کوشش میں ضرور کامیاب رہا ہے لیکن اس طرح اس کی کتاب کی ضخامت انگریزی ٹائپ میں ۸۳۷ صفحات کو پہنچ گئی ہے جو ۱۰۰ اور ۱۴۰ کی مذکورہ نسبت کے مطابق اردو میں بارہ سو صفحات سے زائد ہو جاتی ہے حالانکہ 'حرارت' کی موجودہ کتاب کی ضخامت اس اندازے سے کم ہے ۔

اس کتاب میں ہر باب کے بعد جو حسابی مثالیں اور سوالات دیے گئے ہیں ان کی عبارت کو پہلے انگریزی میں لکھا گیا ہے اور پھر اردو میں ان کا ترجمہ کیا گیا ہے ۔ اس تکرار کی ضرورت اس لیے پیش آئی ہے کیونکہ پنجاب یونیورسٹی کے حالیہ فیصلے کے مطابق امتحان کے پرچوں میں سوالات ابھی انگریزی میں آئیں گے صرف ان کے جوابات اردو میں

لکھنے کی اجازت ہوگی البتہ چند سال بعد جب پنجاب یونیورسٹی نے (کراچی یونیورسٹی کی طرح) امتحان کے پرچے انگریزی اور اردو دونوں زبانوں میں مرتب کروانے شروع کر دیے تو کتاب کے آئندہ ایڈیشن میں ان سوالات کی انگریزی عبارتیں حذف کر دی جائیں گی۔

کتاب کو جابجا عمدہ اشکال اور خوب صورت تصاویر سے مزین کیا گیا ہے جس سے اس کی صوری حیثیت میں بھی اضافہ ہو گیا ہے اور یہ کتاب اس قابل ہو گئی ہے کہ اسے مغربی زبانوں میں شائع ہونے والی کتابوں کے مقابل رکھا جا سکے۔

آخر میں مصنف ان تمام اصحاب کا شکر گزار ہے جنھوں نے اس کی پہلی تصنیف 'مادے کے خواص' کو شرف قبولیت بخشا اور زبان و قلم سے اس کتاب کی تعریف کرکے مصنف کا دل بڑھایا۔ خاص طور پر وہ ان فاضل نقادوں کا بے حد ممنون ہے جنھوں نے اس کتاب کو سال ۱۹۶۵ء کی بہترین سائنسی کتاب قرار دیا اور ان کے اس فیصلے پر کلڈ نے اسے پانچ ہزار روپے کے نیشنل بینک انعام سے نوازا۔ مصنف کو امید ہے کہ ارباب علم 'حرارت' کو 'مادے کے خواص' سے بھی بہتر پائیں گے کیونکہ 'حرارت' کی تصنیف میں اس نے پہلے سے بھی زیادہ محنت سے کام کیا ہے۔

لاہور، اپریل ۱۹۶۶ء

حمید عسکری

اردو میں طبیعیات کی کتابوں کی ایک عملی مشکل کا حل

چونکہ طبیعیات یعنی فزیکس کی تمام اعلیٰ کتابوں کے لیے، جس میں 'حرارت' بھی شامل ہے، یہ فیصلہ کیا جا چکا ہے کہ اس کے حسابی عمل سب کے سب بین‌الاقوامی علامتی زبان میں ہوں گے، اس سے بظاہر یہ الجھن پیدا ہو جاتی ہے کہ جب ہماری اردو زبان دائیں سے بائیں طرف کو لکھی جاتی ہے مگر بین الاقوامی زبان میں مذکورہ حسابی عمل بائیں سے دائیں طرف کو کیے جاتے ہیں تو ان میں مطابقت کس طرح پیدا کی جا سکتی ہے - یہ مشکل ایک سادہ سا قاعدہ وضع کر کے اب ہمیشہ کے لیے دور کر دی گئی ہے - وہ قاعدہ یہ ہے کہ جہاں کہیں بھی طبیعیات میں کوئی مساوات آئے، اس کی پہلی مقدار علامت مساوات (=) کے بائیں طرف اور دوسری مقدار علامت مساوات (=) کے دائیں طرف لکھی جائے اور پڑھتے وقت بھی بائیں طرف کی مقدار کو پہلے اور دائیں طرف کی مقدار کو بعد میں پڑھا جائے - مثلاً

اگر ایک گیس کی حرارت مخصوصہ مستقل حجم پر C_v ہو، گیس کی کمیت m اور اس کے ٹمپریچر کی زیادتی $(\theta_2-\theta_1)$ ہو تو گیس کی حاصل کردہ حرارت $m\,C_v\,(\theta_2-\theta_1)$ ہو گی - اسے یوں نہ لکھا جائے

گیس کی حاصل کردہ حرارت $= mC_v\,(\theta_2-\theta_1)$

بلکہ اسے یوں لکھا جائے

$mC_v\,(\theta_2-\theta_1) =$ گیس کی حاصل کردہ حرارت

اور اسے پڑھا یوں جائے

گیس کی حاصل کردہ حرارت برابر ہے $mC_v\,(\theta_2-\theta_1)$

یہ طریقہ تمام مساواتوں میں برتا جائے - اس کے بعد دائیں بائیں کا اختلاف آپ سے آپ رفع ہو جاتا ہے اور اس بارے میں کسی قسم کی عملی مشکل باقی نہیں رہتی، جیسا کہ اس کتاب کے مندرجات سے واضح ہے -

ترتیب مضامین

پہلا باب
تپش پیمائی

دوسرا باب
حرارت سے پھیلاؤ

تیسرا باب
حرارت پیمائی

چوتھا باب
حالت کی تبدیلی

پانچواں باب
هم تپش اور حرارت ناگزار تبدیلیاں

چھٹا باب
گیسوں کا حرکتی نظریہ

ساتواں باب
حالت کا تسلسل

آٹھواں باب
گیسوں کو مائع بنانا

نواں باب
حرارتی حرکیات کا پہلا قانون

دسواں باب
حرارتی انجن

پہلا باب

تپش پیمائی

(THERMOMETRY)

حرارت اور ٹمپریچر - حرارت توانائی کی وہ قسم ہے جس کی زیادتی کسی جسم کو گرم اور جس کی کمی کسی جسم کو سرد بناتی ہے۔ اس کے برعکس **ٹمپریچر** (Temperature) یا **تپش** کسی شے کے گرم یا سرد ہونے کی حالت کا نام ہے۔

مثال کے طور پر اگر ہم پانی سے بھری دیگچی کو چولھے پر رکھ کر اس کے نیچے آگ جلائیں تو پانی میں حرارت کا اضافہ ہو جانے سے وہ گرم ہونے لگتا ہے اور اس کا ٹمپریچر بڑھتا جاتا ہے۔ اس کے برعکس اگر ہم گلاس میں پانی بھر کر اس میں برف کے چند ٹکڑے ڈال دیں تو برف کے یہ ٹکڑے پانی میں سے حرارت لینے لگتے ہیں اور پانی کی حرارت میں کمی آنے لگتی ہے۔ اس کے نتیجے میں وہ ٹھنڈا ہونے لگتا ہے اور اس کا ٹمپریچر کم ہو جاتا ہے۔ اس سے ظاہر ہے کہ **حرارت اور ٹمپریچر میں ایک گہرا تعلق ہے۔ مگر اس کے ساتھ ہی یہ بھی یاد رکھنا چاہیے کہ جہاں تک ان کی نوعیت کا تعلق ہے، یہ دونوں ایک دوسرے سے بالکل الگ الگ ہیں۔**

حرارت کا بہاؤ - اگر دو جسم ایسے لیے جائیں جن میں سے ایک جسم کا ٹمپریچر زیادہ اور دوسرے کا کم ہو اور ان کو ایک دوسرے کے ساتھ ملنے دیا جائے تو ان میں سے زیادہ ٹمپریچر والے جسم سے کم ٹمپریچر والے جسم کی طرف حرارت کا بہاؤ شروع ہو جاتا ہے، قطع نظر اس کے کہ ان دونوں میں سے کون سے جسم میں حرارت کی

مقدار کم اور کون سے جسم میں حرارت کی مقدار زیادہ ہو - اس حقیقت سے ہمیں ٹمپریچر کی ایک اور تعریف حاصل ہوتی ہے جو حسب ذیل ہے -

ٹمپریچر کی ایک اور تعریف - ٹمپریچر کسی جسم کی وہ حالت ہے جس سے اس امر کا فیصلہ ہوتا ہے کہ کسی اور جسم کے ساتھ لگنے کی صورت میں عمومی طور پر وہ جسم دوسرے جسم کو حرارت دے گا یا اس سے حرارت لے گا یا اس کو نہ حرارت دے گا اور نہ اس سے حرارت لے گا -

ٹمپریچر اور لیول کی مشابہت - اگر پانی کے دو برتنوں کو مختلف لیول (Level) پر رکھ کر ان کے پیندوں کو ایک نلی کے ذریعے باہم ملا دیا جائے تو اونچے لیول کے برتن میں سے نیچے لیول کے برتن کی طرف پانی بہنے لگ جاتا ہے اور پانی کا یہ بہاؤ اس وقت تک جاری رہتا ہے جب تک دونوں برتنوں میں پانی کا لیول ایک نہ ہو جائے (یا پہلے برتن میں پانی ختم نہ ہو جائے) - پانی کا یہ بہاؤ پہلے برتن سے دوسرے برتن میں محض اس وجہ سے جاری ہوتا ہے کہ پہلے برتن میں پانی کا لیول دوسرے برتن میں پانی کے لیول سے آونچا ہے - برتنوں کی اپنی شکل یا ان میں پانی کی مقدار کا اس بہاؤ کی سمت میں کچھ دخل نہیں ہوتا -

اسی طرح اگر دو جسموں کو ، جو مختلف ٹمپریچر پر ہوں ، باہم ملا دیا جائے تو حرارت اونچے ٹمپریچر والے جسم سے نیچے ٹمپریچر والے جسم کی طرف بہنے لگتی ہے اور حرارت کا یہ بہاؤ اس وقت تک جاری رہتا ہے جب تک دونوں جسموں کا ٹمپریچر برابر نہ ہو جائے - یہاں بھی حرارت کا بہاؤ پہلے جسم سے دوسرے جسم کی طرف محض اس وجہ سے جاری ہو جاتا ہے کہ پہلے جسم کا ٹمپریچر دوسرے جسم کے ٹمپریچر سے آونچا ہے - ان جسموں کی نوعیت یا ان کے اندر حرارت کی مقدار کا اس بہاؤ کی سمت سے کچھ واسطہ نہیں ہوتا -

چونکہ پانی کے بہاؤ میں جو حیثیت لیول کی ہے ، وہی حرارت کے بہاؤ میں ٹمپریچر کی ہے ، اس لیے کہا جاتا ہے کہ **لیول اور ٹمپریچر ایک دوسرے سے مشابہ ہیں -**

ٹمپریچر کی پیمائش - کسی جسم کے گرم یا سرد ہونے کی حالت کا اندازہ ہم اس جسم کو ہاتھ سے چھو کر کر سکتے ہیں ، مگر یہ صرف اندازہ ہوتا ہے - ٹمپریچر کی باقاعدہ پیمائش اس طریقے سے نہیں ہو سکتی ، یعنی ہاتھ سے چھو کر ہم یہ تو کہہ سکتے ہیں کہ یہ جسم گرم ہے یا ٹھنڈا ہے لیکن وہ کتنے درجے کا گرم یا کتنے درجے کا ٹھنڈا ہے ، اس کی صحیح صحیح پیمائش ہم ہاتھ سے نہیں کر سکتے ، بلکہ ایسی پیمائش کرنے کے لیے ہمیں خاص قسم کے آلے کی ضرورت پڑتی ہے جسے **تھرمامیٹر** (Themometer) یا **تپش پیما** کہتے ہیں -

تپش پیمائی - کسی دیے ہوئے جسم کا ٹمپریچر صحیح صحیح ناپنا سائنس کی زبان میں **تپش پیمائی** یا **تھرمامیٹری** (Thermometry) کہلاتا ہے -

تپش پیمائی کا عمل اس اصول پر مبنی ہے کہ جب دو جسموں کو باہم ملنے دیا جاتا ہے تو ان کے درمیان حسب ضرورت حرارت کا بہاؤ ہونے لگتا ہے ، جس کے خاتمے کے بعد وہ دونوں جسم ایک ہی ٹمپریچر پر آ جاتے ہیں اور ان کے درمیان حرارتی توازن (Thermal equilibrium) کی کیفیت پیدا ہو جاتی ہے - مثلاً جب ایک تھرمامیٹر کو (جو خود بھی ایک جسم ہی ہوتا ہے) ایک دیے ہوئے جسم کے ساتھ ملنے دیا جاتا ہے تو یہ تھرمامیٹر حسب ضرورت اس جسم سے حرارت لینے یا اسے حرارت دینے لگتا ہے ، یہاں تک کہ تھرمامیٹر کا اپنا ٹمپریچر وہی ہوجاتا ہے جو اس جسم کا ہے - اس وقت تھرمامیٹر کا اپنا ٹمپریچر معلوم کرنے سے دیے ہوئے جسم کے ٹمپریچر کی پیمائش ہو جاتی ہے - یہاں یہ نکتہ یاد رکھنا چاہیے کہ ہر تھرمامیٹر جو ٹمپریچر ظاہر کرتا ہے وہ ہمیشہ اس کا اپنا ٹمپریچر ہوتا ہے ، مگر چونکہ کسی جسم کے ساتھ لگا رہنے سے تھرمامیٹر کا ٹمپریچر اس جسم کے ٹمپریچر کے برابر ہو جاتا ہے ، اس لیے تھرمامیٹر کے ٹمپریچر سے بالواسطہ طور پر دیے ہوئے جسم کا ٹمپریچر معلوم ہو جاتا ہے -

تپش پیمائی کو عملی طور پر سرانجام دینے کے لیے مندرجہ ذیل امور کی ضرورت پڑتی ہے :

(الف) ہمارے پاس ایک ایسا آلہ یعنی تھرمامیٹر موجود ہو جس کی کوئی خاص طبیعی خاصیت ٹمپریچر کے ساتھ متواتر طور پر اور باقاعدگی کے ساتھ تبدیل ہوتی ہو۔

(ب) اس آلے ، یعنی تھرمامیٹر کی درجہ بندی چند واضح اصولوں کے ماتحت کی گئی ہو۔

(ج) یہ آلہ ایسا ہو جو دیے ہوئے جسم کا ٹمپریچر آسانی سے اختیار کر لے۔

(د) اس آلے سے ٹمپریچر کی معمولی سی تبدیلی بھی پوری صحت کے ساتھ ظاہر ہو جائے۔

تھرمامیٹر کا اصول - جیسا کہ پہلے بیان کیا گیا ہے ، مادے کی کسی ایسی طبیعی خاصیت کو ، جو ٹمپریچر کے ساتھ یکساں طور پر بدلتی ہو ، تھرمامیٹر بنانے میں استعمال کیا جاتا ہے ، مگر عموماً اس مقصد کے لیے مادے کی مندرجہ ذیل خاصیتوں سے کام لیا جاتا ہے۔

۱ - مائعات ، مثلاً پارہ اور الکوحل ٹمپریچر کے بڑھنے پر پھیلتے ہیں اور ٹمپریچر کے گھٹنے پر سکڑتے ہیں - چنانچہ اس خاصیت کی بنا پر **پارے کا تھرمامیٹر** اور **الکوحل کا تھرمامیٹر** بنایا جاتا ہے۔

۲ - ہوا اور عام گیسوں مثلاً ھائیڈروجن ، نائٹروجن ، ہیلیئم (Helium) وغیرہ کو اگر یکساں دباؤ پر رکھ کر گرم کیا جائے تو ٹمپریچر کے ساتھ اُن کے حجم میں باقاعدگی کے ساتھ اضافہ ہوتا جاتا ہے یا اگر انھیں یکساں حجم پر رکھ کر گرم ہونے دیا جائے تو ٹمپریچر کے ساتھ ان کا دباؤ باقاعدگی سے بڑھتا جاتا ہے - ہوا اور گیسوں کی اس خاصیت کی بنا پر **ہوائی تھرمامیٹر** اور **گیسی تھرمامیٹر** وجود میں لائے جاتے ہیں۔

۳ - اگر کسی دھات ، مثلاً پلاٹینم کے تار کو گرم کیا جائے تو ٹمپریچر کے ساتھ اس کی برقی مزاحمت (Electric resistance) بڑھتی جاتی ہے - اس خاصیت کا استعمال **مزاحمتی تھرمامیٹر** (Resistance thermometer) میں کیا جاتا ہے۔

۴ - جب کسی حرارتی جفتے یعنی تھرمو کپل (Thermo couple) کے ایک جوڑ کو ٹھنڈا رکھ کر اس کے دوسرے جوڑ کو گرم کیا جائے تو اس جفتے کے سرکٹ میں برق رو پیدا ہو جاتی ہے اور اس کی برق زا قوت ، یعنی ای - ایم - ایف (e.m.f.) ٹمپریچر کے ساتھ بڑھتی جاتی ہے - اس خاصیت کی بنا پر **برق حرارتی تھرمامیٹر** ، **یعنی تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹر** (Thermo electric thermometer) بنائے جاتے ہیں -

۵ - سیر شدہ بخارات کا دباؤ جو اپنے اصلی مائع کے ساتھ توازن کی حالت میں ہو ، ٹمپریچر کے ساتھ باقاعدگی کے ساتھ تبدیل ہوتا ہے - چنانچہ اس خاصیت کو بروے کار لا کر **بخارات دباؤ تھرمامیٹر** (Vapour pressuire thermometer) بنایا جاتا ہے - یہ تھرمامیٹر نہایت کم درجے کے ٹمپریچر ناپنے کے لیے خاص طور پر موزوں ہوتا ہے -

۶ - جب کوئی جسم بہت اونچے ٹمپریچر پر ہو تو اس سے متواتر حرارت کی شعاعیں نکلتی ہیں ، جو تمام اطراف میں پھیلتی جاتی ہیں - چنانچہ بعض اوقات ان شعاعوں کی مدد سے اس جسم کا ٹمپریچر ناپا جاتا ہے اور اس مقصد کے لیے جو تھرمامیٹر استعمال ہوتا ہے ، وہ **اشعاعی تھرمامیٹر** (Radiation thermometer) کہلاتا ہے -

نوٹ : تھرمامیٹر کی ان قسموں میں سے آخری دو قسموں ، یعنی بخارات دباؤ تھرمامیٹر اور اشعاعی تھرمامیٹر کا تذکرہ تو اگلے ابواب میں آئے گا البتہ باقی تمام تھرمامیٹروں کی تفصیل اس باب میں درج کی جاتی ہے -

مائع تھرمامیٹر (Liquid thermomete

اس قسم میں پارے کا تھرمامیٹر اور الکوحل کا تھرمامیٹر شامل ہیں ، جن کی ساخت اور طریق استعمال کا حال ذیل میں بیان کیا جاتا ہے -

پارے کا تھرمامیٹر (Mercury thermometer) - جیسا کہ اس کے نام سے ظاہر ہے ، اس تھرمامیٹر میں پارے کا استعمال کیا جاتا ہے - مائع تھرمامیٹروں میں یہ تھرمامیٹر سب سے زیادہ مروج ہے اور ٹمپریچر کی عام پیمائش کے لیے نہایت کارآمد آلہ ہے -

تھرمامیٹر میں پارے کا استعمال - پارے میں مندرجہ ذیل خوبیاں پائی جاتی ہیں جس کے باعث تھرمامیٹر میں اس کا استعمال بہت عام ہے -

پارے کی خوبیاں - ۱ - پارے میں روشنی نہیں گزر سکتی اس لیے اس کی باریک چمک دار دھار شیشے کی نلی کے اندر نسبتاً آسانی سے نظر آ جاتی ہے -

۲ - پارہ بغیر کسی دقت کے صاف کیا جا سکتا ہے اور اس لیے یہ خالص حالت میں دستیاب ہو جاتا ہے -

۳ - پارے کی حرارت مخصوصہ بہت کم ہوتی ہے اس لیے پارے کا تھرمامیٹر کسی جسم کے ٹمپریچر تک پہنچنے کے لیے بہت تھوڑی حرارت لیتا ہے یا دیتا ہے ، اس کا فائدہ یہ ہوتا ہے کہ جسم میں سے اس حرارت کے نکل جانے یا جسم میں اس حرارت کے شامل ہونے کے باوجود اس جسم کا ٹمپریچر عملی طور پر وہی رہتا ہے -

۴ - پارے کی ایصالیت (Conductivity) بہت زیادہ ہوتی ہے اس لیے پارے کا تھرمامیٹر اس جسم کا ٹمپریچر بہت جلد اختیار کر لیتا ہے جس کے ساتھ اسے لگایا جائے -

۵ - پارہ $-38°C$ اور $356°C$ کے درمیان مائع حالت میں رہتا ہے اور کسی مائع کے لیے یہ حد بہت زیادہ ہے -

۶ - ٹمپریچر کے ساتھ پارے کا پھیلاؤ بڑی حد تک باقاعدہ اور ہموار ہوتا ہے -

پارے کی خامیاں - جہاں تک تھرمامیٹر میں پارے کے استعمال کا تعلق ہے ، اس کی ان خوبیوں کے ساتھ ساتھ جن کا ذکر اوپر ہوا ہے اس میں مندرجہ ذیل خامیاں بھی پائی جاتی ہیں :

۱ - پارے کی کثافت اضافی بہت زیادہ ہوتی ہے اس لیے تھرمامیٹر کے بلب کو زیادہ بڑا نہیں بنایا جا سکتا ورنہ پارے کے بوجھ سے اس کے ٹوٹ جانے کا اندیشہ ہوتا ہے اور بلب کے سائز کے کم ہو جانے سے تھرمامیٹر کی حساسیت (Sensitiveness) گھٹ جاتی ہے -

۲ - پارے کا سطحی کھنچاؤ (Surface tension) بہت زیادہ ہوتا ہے جس کے باعث تھرمامیٹر کی باریک نلی میں حرکت کرتے وقت یہ کسی قدر ہچکولے کھا کر اوپر چڑھتا یا نیچے اترتا ہے -

۳ - جب پارہ نلی میں اوپر چڑھتا ہے اور جب وہ نیچے اترتا ہے تو دونوں صورتوں میں شیشے کے ساتھ پارے کے مس کے زاویے (Angle of contact) کی قیمت قدرے مختلف ہوتی ہے ، اس وجہ سے ٹمپریچر کی پیمائش میں (جب وہ بڑھ رہا ہو اور جب وہ گھٹ رہا ہو تو) خفیف سی غلطی پڑ سکتی ہے -

۴ - شیشے کی نلی میں پارے کے ظاہری پھیلاؤ کا معیار (Coefficient of apparent expansion) کافی کم ہوتا ہے جس کے باعث پارے کا تھرمامیٹر بہت زیادہ حساس (Sensitive) نہیں ہو سکتا - دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ پارے کے تھرمامیٹر سے ٹمپریچر کی خفیف سی تبدیلی کی پیمائش پوری صحت کے ساتھ نہیں ہو سکتی -

۵ - پارہ 38·8°C – پر منجمد ہو جاتا ہے اور 356°C پر ابلنے لگتا ہے اس لیے پارے کے عام تھرمامیٹر سے 38·8°C– سے نیچے یا 356°C کے اوپر کے ٹمپریچر کی پیمائش نہیں ہو سکتی -

تھرمامیٹر میں الکوحل کا استعمال - بعض اوقات تھرمامیٹر میں پارے کی بجائے الکوحل کا استعمال کیا جاتا ہے اور اس سے الکوحل تھرمامیٹر وجود میں آتا ہے - تھرمامیٹر میں الکوحل کے استعمال میں مندرجہ ذیل خوبیاں اور خامیاں پائی جاتی ہیں -

خوبیاں : ۱ - الکوحل کا نقطۂ انجماد (Freezing point) 112°C– ہے جب کہ پارے کا نقطۂ انجماد 38·8°C – ہے اس لیے الکوحل کے تھرمامیٹر سے 39°C – سے نیچے کے ٹمپریچروں کی پیمائش (112°C – کی حد تک) کی جا سکتی ہے جو پارے کے تھرمامیٹر سے نہیں ہو سکتی -

۲ - شیشے کی نلی میں الکوحل کے ظاہری پھیلاؤ کا معیار پارے کے ظاہری پھیلاؤ کے معیار سے بہت زیادہ (یعنی قریباً دس گنا) ہوتا ہے -

اس لیے الکوحل کا تھرمامیٹر اسی سائز کے پارے کے تھرمامیٹر سے زیادہ حساس ہوتا ہے ۔

۳ ۔ الکوحل کے پھیلاؤ کے معیار کے زیادہ ہونے کے باعث الکوحل تھرمامیٹر میں بلب کے پھیل جانے کا اتنا اثر نہیں ہوتا جتنا پارے کے تھرمامیٹر میں ہو سکتا ہے ۔

۴ ۔ الکوحل کا سطحی کھنچاؤ پارے کے سطحی کھنچاؤ سے بہت کم ہوتا ہے اور شیشے کے ساتھ اس کا مس کا زاویہ نہایت قلیل ہوتا ہے ۔ جس کے باعث الکوحل کے تھرمامیٹر میں سطحی کھنچاؤ کی وہ خرابیاں پیدا نہیں ہوتیں جو پارے کے تھرمامیٹر میں پیدا ہو جاتی ہیں ۔

خامیاں : ۱ ۔ پارے کے مقابلے میں الکوحل کو خالص حالت میں حاصل کرنا دشوار ہوتا ہے کیونکہ الکوحل کے اندر ہوا کے بلبلے آسانی سے داخل ہو جاتے ہیں ۔

۲ ۔ الکوحل 78°C پر آبلنے لگتی ہے اس لیے الکوحل تھرمامیٹر کو زیادہ سے زیادہ 60°C تک کا ٹمپریچر ناپنے کے لیے استعمال کیا جا سکتا ہے ۔

پارے کا تھرمامیٹر کا بنانا ۔ اب ہم آن عملوں کا بیان کرتے ہیں جو پارے کا تھرمامیٹر بنانے میں برتے جاتے ہیں ۔

نلی کا انتخاب ۔ اس ضمن میں پہلا مرحلہ نلی کا انتخاب ہے ۔ تھرمامیٹروں کی نلیاں شیشہ گروں کے ہاں سے بنی بنائی دستیاب ہو جاتی ہیں ۔ ہر نلی کے نیچے ایک بلب بنا ہوتا ہے اور آوپر کے سرے پر ایک قیف سی بنی ہوتی ہے ۔ نلی ہمیشہ ایسی ہونی چاہیے جس کا جوف (Bore) بالکل یکساں ہو اور جس کی دیوار مناسب حد تک مضبوط ہو ۔ علاوہ ازیں اس کے بلب کا سائز اور اس کی نلی کا اندرونی قطر ایسا ہونا چاہیے کہ تھرمامیٹر سے جس کم سے کم ٹمپریچر کی پیمائش مقصود ہو اس پر تھرمامیٹر کا بلب تمام کا تمام اور نلی کا نیچے

کا تھوڑا سا حصہ پارے سے بھرا رہے ۔ تھرمامیٹر کا یہ بلب گول بنانے کی بجائے عموماً لمبوترا یعنی سلنڈری شکل کا بنایا جاتا ہے تاکہ اُسے پتلی گردن کے برتنوں اور نلیوں میں داخل کرنے میں مشکل پیش نہ آئے ۔ عام تھرمامیٹر میں اس بلب کا طول قریباً 20 ملی میٹر اور قطر قریباً 3 ملی میٹر ہوتا ہے ۔

تھرمامیٹر کی نلی کا جوف (Bore) بہت باریک مثلاً 0·1 یا 0·15 ملی میٹر تک کا ہوتا ہے ۔ جوف کے اس قدر تنگ ہونے سے اس کے اندر پارے کی دھار اتنی باریک ہو جاتی ہے کہ اسے دیکھنا مشکل ہو جاتا ہے ۔ اس مشکل کو رفع کرنے کے لیے نلی کا جوف گول کی بجائے چپٹا اور ہلالی بنایا جاتا ہے جیسا کہ شکل میں ظاہر ہے ۔ اس نلی میں جب پارے کو ایک خاص زاویے سے دیکھا جاتا ہے تو اس کی دھار چوڑی اور



شیشے کے عمل سے مکبر (Magnified) ہو جانے کے باعث آسانی سے نظر آ جاتی ہے ۔ علاوہ ازیں نلی کے پچھلی طرف عموماً سفید اینیمل (Enamil) کی تہ بٹھادی جاتی ہے جو پارے کی دھار کو دیکھنے میں مزید معاونت کرتی ہے ۔

تھرمامیٹر کا بلب کبھی تو نلی بلو (Blow) کرکے اس کے نیچے بنایا جاتا ہے مگر زیادہ تر وہ جدا بنا کر اس کے ساتھ پیوست کر دیا جاتا ہے ۔

تھرمامیٹر کی نلی کے اوپر کے سرے پر بلو کرکے ہی قیف A بنا دی جاتی ہے اور اس سے نیچے B کے مقام پر نلی کو کھینچ کر پتلا کر دیا جاتا ہے ۔ یہی وہ مقام ہے جہاں پر بعد کو نلی کا منہ بند کرکے تھرمامیٹر کو سیل (Seal) کیا جاتا ہے ۔ اسی مقام سے ذرا نیچے نلی میں ایک چوڑا جوف C بنا دیا جاتا ہے جس کا فائدہ یہ ہے کہ اگر بے احتیاطی سے کبھی تھرمامیٹر کو ضرورت سے زیادہ گرم کردیا جائے تو تھرمامیٹر بڑی حد تک ٹوٹنے سے بچ جاتا ہے ۔

تھرمامیٹر کی اس نلی کو اس کے بلب سمیت پہلے کھولتے ہوئے

نائٹرک ایسڈ سے اور اس کے بعد کشید کردہ پانی سے اچھی طرح دھویا جاتا ہے تاکہ اس میں کسی قسم کی آلائش کا نشان باقی نہ رہے۔ پھر اسے خشک کر لیا جاتا ہے۔



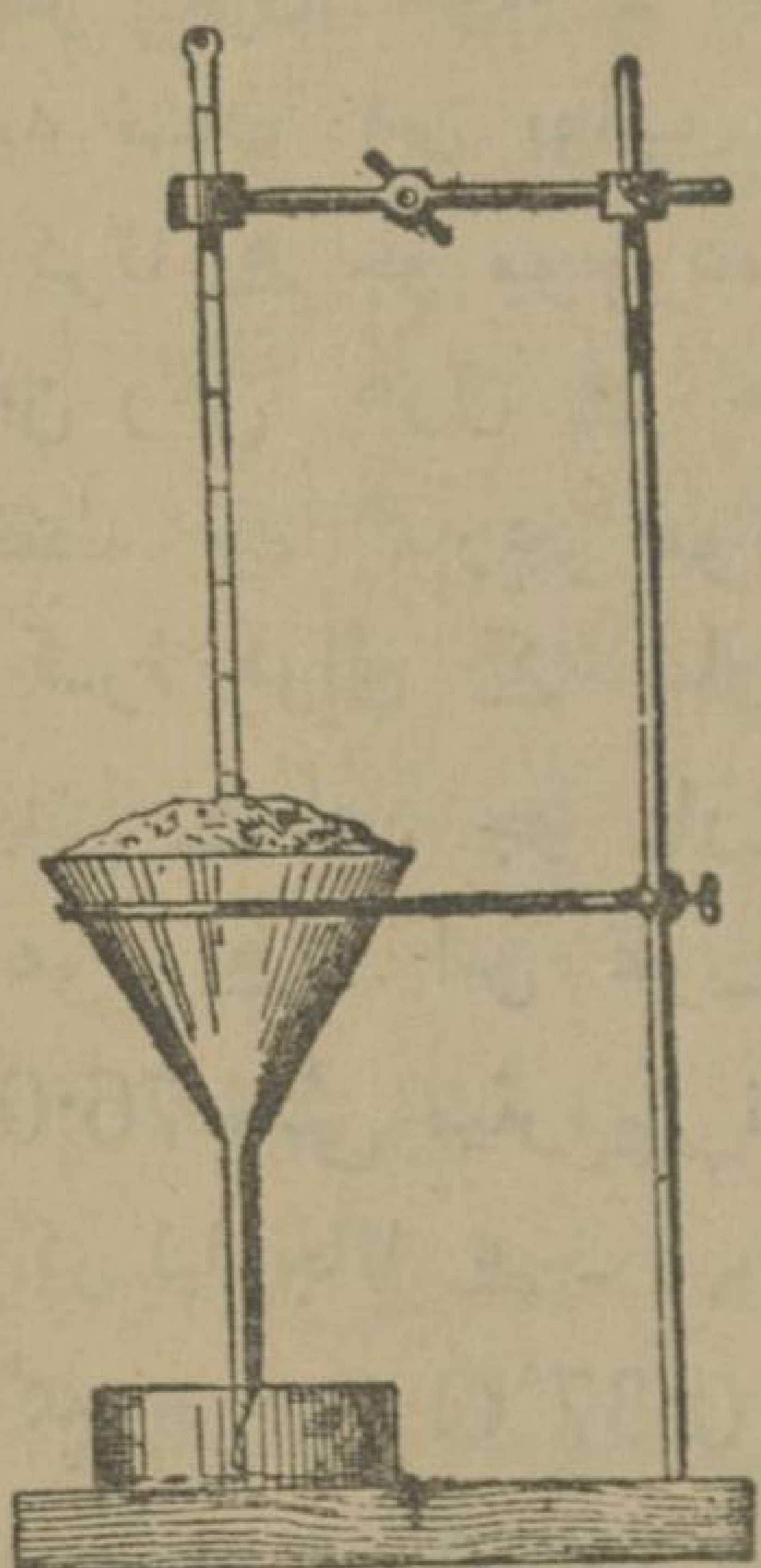
نلی میں پارہ بھرنا - نلی کو عموداً رکھ کر اس طور سے اسٹینڈ میں کس دیا جاتا ہے کہ اس کا بلب نیچے کی طرف اور قیف دار سرا اوپر کی جانب ہوتا ہے - پھر خالص اور مصفا پارہ قیف میں ڈال دیا جاتا ہے - چونکہ نلی بہت باریک ہوتی ہے اس لیے پارہ خود بخود اس کے اندر داخل نہیں ہوتا - اس مقصد کے لیے بلب کو تھوڑی سی حرارت پہنچائی جاتی ہے جس سے نلی کے اندر کی ہوا پھیلتی ہے اور اس کا کچھ حصہ پارے میں سے باہر نکل جاتا ہے - پھر اس کو ٹھنڈا ہونے دیا جاتا ہے جس سے اندر کی ہوا سکڑتی ہے اور بیرونی ہوا کے دباؤ سے کچھ پارہ قیف میں سے نلی کے اندر داخل ہو جاتا ہے - اس طرح نلی کو متعدد بار گرم اور ٹھنڈا کرنے سے پارے کی ایک مناسب مقدار بلب اور نلی کے اندر بھر لی جاتی ہے -

نلی کا منہ بند کرنا - نلی اور بلب میں پارہ بھرنے کے بعد اسے ایک بار پھر گرم کیا جاتا ہے تاکہ پارہ اچھی طرح پھیل جائے اور نلی کے اندر کی ہوا خارج ہو جائے - اس کے بعد نلی کا منہ اوپر سے بند کر دیا جاتا ہے - نلی کے ٹھنڈا ہونے سے پارہ سکڑ کر نیچے آ جاتا ہے اور اس کے کالم کے اوپر ایک خلا پیدا ہو جاتا ہے جس میں پارہ پھیل کر حسب ضرورت داخل ہو جاتا ہے -

معیاری درجے لگانا - جب شیشے کو گرم کرنے کے بعد وہ حجم میں پھیل چکا ہو تو ٹھنڈا ہونے پر وہ فوراً اپنے حجم پر واپس نہیں آ جاتا ، بلکہ اسے اپنے پہلے حجم پر آتے آتے مہینوں بلکہ سال لگ جاتے ہیں - اس لیے اچھے آلہ ساز ، اوپر کی تفصیل کے مطابق ، نلی کا منہ بند کرنے کے بعد اسے ایک دو سال تک رکھ چھوڑتے ہیں اور پھر اس کی درجہ بندی کرتے ہیں - تھرمامیٹر کی درجہ بندی کے لیے پہلے

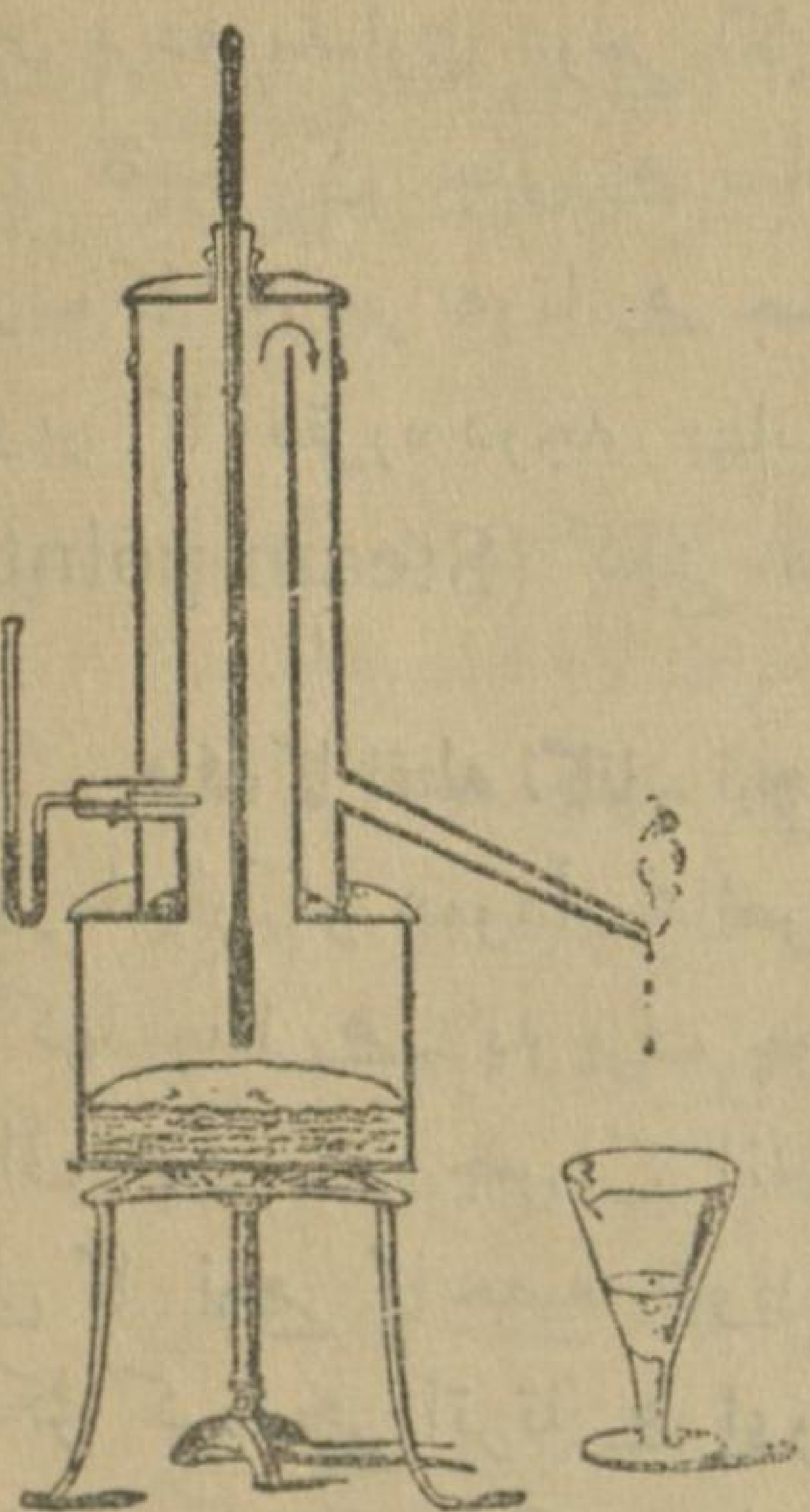
اس پر دو معیاری درجے لگائے جاتے ھیں اور پھر ان کے درمیان درجوں کی تقسیم کی جاتی ھے ۔ ان معیاری درجوں میں سے نیچے کا مقررہ درجہ برف کا ٹمپریچر ھوتا ھے جسے برف کا نقطہ (Ice point) کہتے ھیں اور اوپر کا مقررہ درجہ بھاپ کا ٹمپریچر ھوتا ھے جسے بھاپ کا نقطہ (Steam point) کہتے ھیں ۔

برف کا نقطہ لگانا ۔ نیچے کا مقررہ درجہ یعنی برف کا نقطہ لگانے کے لیے تھرمامیٹر کو عموداً خالص پگھلتی برف میں ڈبو کر رکھا جاتا ھے ۔ یہ برف چورہ کر کے ایک قیف میں ڈالی ھوتی ھے جس کے اندر بلب تمام کا تمام اور نلی کا نیچے کا حصہ ڈوبا ھوتا ھے ۔ نلی میں پارہ سکڑ کر نیچے اترتا ھے اور آخرکار برف کا ٹمپریچر اختیار کر کے ایک نقطے پر ٹھہر جاتا ھے ۔ جب برف کے چورے کے ذرا اوپر اس نقطے پر پارہ مستقل طور پر ساکن ھو جائے تو اس کے ھلال یعنی منسکس (Meniscus) کے مقابلے میں نلی پر نشان لگا دیا جاتا ھے ۔ یہ نشان نیچے کے مقررہ درجے یعنی برف کے نقطے کو ظاھر کرتا ھے ۔ اس



تجربے میں ضروری ھوتا ھے کہ برف خالص استعمال کی جائے اور اسے استعمال سے پہلے کشید کردہ پانی سے دھو لیا جائے کیونکہ اگر برف خالص نہ ھو بلکہ اس میں کسی نمک کی آمیزش ھو (خواہ اس نمک کی مقدار خفیف ھی ھو) تو برف کا ٹمپریچر اس مقررہ درجے یعنی برف کے نقطے سے کافی نیچے گر جاتا ھے ۔

بھاپ کا نقطہ لگانا ۔ اوپر کا مقررہ درجہ یعنی بھاپ کا نقطہ لگانے کے لیے پانی کو ایک خاص جوش دان (Hypsometer) میں جس کی تفصیل شکل سے ظاھر ھے ، گرم کیا جاتا ھے اور اس کے اندر زیر ساخت تھرمامیٹر کو اوپر سے کافی نیچے تک داخل کر دیا جاتا ھے ۔ جب پانی کے جوش کھانے سے جوش دان میں بھاپ بھر جاتی ھے تو نلی میں پارہ اوپر چڑھتا ھے



اور آخرکار بھاپ کا ٹمپریچر اختیار کر کے ایک نقطے پر ٹھہر جاتا ہے - جب پارہ اس نقطے پر مستقل طور پر ساکن ہو جائے تو اس کے ھلال یعنی منسکس (Menuscus) کے مقابلے میں نلی پر ایک عارضی نشان لگا دیا جاتا ہے - یہ نشان اصلی بھاپ کے نقطے کے قریب تو ہوتا ہے مگر بالکل اس نقطے پر نہیں ہوتا - اس کی وجہ یہ ہے کہ یہ نشان اس بھاپ کے ٹمپریچر کو ظاہر کرتا ہے جو موجودہ کرہ ہوائی کے دباؤ پر بن رہی ہوتی ہے حالانکہ اصلی بھاپ کا نقطہ وہ ٹمپریچر ہوتا ہے جس پر بھاپ کرۂ ہوائی کے نارمل دباؤ کے ماتحت بنتی ہے اور جو پارے کے 76·0 سنٹی میٹر کالم کے دباؤ کے برابر ہوتا ہے - اس تجربے میں کرہ ہوائی کا دباؤ بھی ناپا جاتا ہے اور 76·0 سنٹی میٹر سے نیچے جتنے سنٹی میٹر یہ دباؤ ہوتا ہے آسے معلوم کر لیا جاتا ہے - اب چونکہ ایک سنٹی میٹر دباؤ کی کمی سے بھاپ کے ٹمپریچر میں 0·37°C کی کمی آتی ہے اس لیے دی ہوئی کمی کو 0·37 سے ضرب دے کر اور آسے 100°C میں سے تفریق کر کے موجودہ دباؤ پر بھاپ کا ٹمپریچر نکل آتا ہے - یہ ٹمپریچر نلی پر لگائے ہوئے عارضی نشان کو ظاہر کرتا ہے - اس کے بعد نلی کے پہلے نشان اور اس دوسرے نشان کے درمیان لمبائی ناپ کر اور آس کو اس ٹمپریچر پر تقسیم کر کے ایک درجے سنٹی گریڈ کی لمبائی دریافت کی جاتی ہے اور پھر 100°C اور بھاپ کے موجودہ ٹمپریچر کے فرق کے ساتھ اس لمبائی کو ضرب دی جاتی ہے - یہ حاصل ضرب لمبائی کی اس تصحیح کو ظاہر کرتا ہے جس کے بقدر عارضی نشان سے اصلی نشان آونچا ہونا چاھیے - اس طرح اصلی نشان کی جگہ معلوم ہو جاتی ہے اور وھاں یہ نشان مستقل طور پر لگا دیا جاتا ہے جو آوپر کے مقررہ درجے ، یعنی 76 سنٹی میٹر کے نارمل دباؤ کے تحت بھاپ کے نقطے کو ظاہر کرتا ہے -

درجوں کے نشانات لگانا - تھرمامیٹر کی نلی پر مختلف درجوں کے نشانات لگانے کی ترکیب یہ ہے - کہ نلی پر پہلے موم کی ایک پتلی تہ چڑھا دی جاتی ہے اور پھر اس پر کسی باریک نوک سے نشانات لگا دیے جاتے ہیں جس سے ان نشانات پر سے موم ہٹ جاتی ہے اور اس کے نیچے نلی کا حصہ خالی نکل آتا ہے - اب اس نلی کو ھائیڈرو فلورک ایسڈ (Hydrofloric acid) کے بخارات میں رکھا جاتا ہے - اس ایسڈ کی خاصیت یہ ہے کہ وہ شیشے کو کھا جاتا ہے - چنانچہ ایسڈ کے اثر سے نلی پر ان نشانات پر گہرے اور مستقل درجے بن جاتے ہیں جن میں سیاہ رنگ کا مسالہ بھر کر انہیں پکا کر لیا جاتا ہے -

تھرمامیٹر کی درجہ بندی - تھرمامیٹر کی نلی پر برف کا نقطہ اور بھاپ کا نقطہ لگانے کے بعد اس کی درمیانی جگہ کو متعدد حصوں میں تقسیم کر کے درجہ بندی کی جاتی ہے - یہ تقسیم تین مختلف طریقوں سے ہوتی ہے اور اس طرح تین علیحدہ علیحدہ قسم کے تھرمامیٹر حاصل ہوتے ہیں -

سنٹی گریڈ تھرمامیٹر - اس تھرما میٹر میں برف کے نقطہ کو 0 اور بھاپ کے نقطے کو 100 مانا جاتا ہے اور ان مقررہ نقطوں کے درمیان 100 درجے لگائے جاتے ہیں - سائنس کے کاموں میں عموماً یہی تھرمامیٹر استعمال ہوتا ہے - لاطینی میں سنٹی (Centi) کے معنی 100 کے اور گریڈ (grade) کے معنی درجے کے ہیں - چونکہ اس تھرمامیٹر میں بھاپ کے نقطے اور برف کے نقطے کے درمیان 100 درجے ہوتے ہیں اس لیے اس کو سنٹی گریڈ کا نام دیا جاتا ہے -

اس تھرمامیٹر کو سویڈن کے ایک سائنس دان کیلسی اس (Celsius) نے 1741ء میں بنایا تھا مگر کیلسی اس کے اس تھرمامیٹر میں بھاپ کا نقطہ 0 اور برف کا نقطہ 100 رکھا گیا تھا - آٹھ سال بعد یعنی 1749ء میں سویڈن ھی کے ایک اور سائنس دان سٹومر (Stomer) نے اس ترتیب کو آلٹ دیا - اس نے برف کے نقطے کو 0 اور بھاپ کے نقطے کو 100 مقرر کیا - سٹومر کا یہی اصلاح یافتہ تھرمامیٹر آج کل مروج ہے -

فارن ہیٹ تھرمامیٹر (Fahrenheit thermometer) - اس تھرمامیٹر کو جرمنی کے ایک سائنس دان فارن ہیٹ (Fahrenheit) نے 1724ء میں یعنی سنٹی گریڈ تھرمامیٹر کی ایجاد سے سترہ سال پہلے بنایا تھا - فارن ہیٹ نے اپنے اولین تھرمامیٹر میں نیچے کا مقررہ درجہ یعنی صفر کا درجہ برف اور نمک کے آمیزے کے ٹمپریچر کو اور اوپر کا مقررہ درجہ انسانی بدن کے ٹمپریچر کو رکھا تھا اور ان کے درمیانی حصے کو 96 درجوں میں تقسیم کیا تھا - موجودہ زمانے کی درجہ بندی کے مطابق اس تھرمامیٹر میں برف کا نقطہ 32°F اور بھاپ کا نقطہ 212°F ہوتا ہے اور اس کے درمیان میں 180 درجے لگائے جاتے ہیں - فارن ہیٹ کی اپنی درجہ بندی اور اس جدید درجہ بندی میں خفیف سا اختلاف ہے کیونکہ فارن ہیٹ نے اپنے ابتدائی تھرمامیٹر میں انسانی بدن کا ٹمپریچر 96 درجے مقرر کیا تھا - مگر مروجہ فارن ہیٹ تھرمامیٹر میں یہ ٹمپریچر نارمل حالت میں 96 درجے کی بجائے 98.4 درجے نکلتا ہے -

رومر تھرمامیٹر (Reaumer thermometre) - یہ تھرمامیٹر فرانس کے ایک سائنس دان رومر (Reaumer) کی ایجاد ہے جس نے اسے فارن ہیٹ ہی کے زمانے میں بنایا تھا مگر اس کو فارن ہیٹ کے تھرمامیٹر کا علم نہ تھا - رومر نے اپنے اولین تھرمامیٹر میں الکوحل کا استعمال کیا تھا جس میں $\frac{1}{5}$ حصہ پانی ملا ہوا تھا - اس نے اپنے تھرمامیٹر میں نیچے کا مقررہ درجہ برف کا نقطہ اور اوپر کا مقررہ درجہ بھاپ کا نقطہ رکھا تھا - چونکہ ان درجوں کے درمیان 1000 حصے الکوحل پھیل کر 1080 حصے ہو گئی تھی اس لیے اس نے ان دونوں نقطوں کے درمیان 80 درجے لگائے تھے - چنانچہ اس تفصیل کے مطابق اس تھرمامیٹر میں برف کا نقطہ 0°R اور بھاپ کا نقطہ 80°R ہوتا ہے اور ان کے درمیان میں 80 درجے لگائے جاتے ہیں -

اوپر کے بیان سے ظاہر ہے کہ سنٹی گریڈ تھرمامیٹر کی ایجاد سے بہت پہلے فارن ہیٹ تھرمامیٹر اور رومر تھرمامیٹر یورپ کے ممالک میں عام مروج ہو چکے تھے - یہی وجہ ہے کہ اگرچہ اب بین الاقوامی فیصلے کے مطابق سائنس کے کاموں میں ٹمپریچر کی پیمائش سنٹی گریڈ درجوں ہی میں

کی جاتی ہے مگر فارن ہیٹ تھرمامیٹر اور رومر تھرمامیٹر بھی کلیۃ متروک نہیں ہوئے۔ چنانچہ اکثر ممالک میں، جن میں پاکستان بھی شامل ہے، انسانی بدن کی پیمائش فارن ہیٹ کے درجوں ہی میں کی جاتی ہے اور موسمی ٹمپریچر کی پیمائش بھی فارن ہیٹ درجوں ہی میں نشر ہوتی ہیں۔

ٹمپریچر کے پیمانوں کا نقشہ ۔ ذیل میں اعادے کے طور پر ان تینوں تھرمامیٹروں کے پیمانے ایک نقشے کی صورت میں درج کیے جاتے ہیں :

پیمانے کا نام	برف کا نقطہ	بھاپ کا نقطہ	دونوں نقطوں کے درمیان درجوں کی تعداد
سنٹی گریڈ (C)	0	1 0	100
فارن ہیٹ (F)	32	212	180
رومر (R)	0	80	80

تحویل کے قاعدے ۔ سنٹی گریڈ، فارن ہیٹ اور رومر درجوں کو ایک دوسرے میں تحویل کرنے کے قاعدے حسب ذیل ہیں ۔

۱ - سنٹی گریڈ (C) کو فارن ہیٹ (F) میں تبدیل کرنے کے لیے $\frac{180}{100}$ یعنی $\frac{9}{5}$ کے ساتھ ضرب دو اور حاصل ضرب میں 32 جمع کرو ۔

۲ - فارن ہیٹ (F) کو سنٹی گریڈ (C) میں تبدیل کرنے کے لیے پہلے اس میں سے 32 کو تفریق کرو اور پھر حاصل تفریق کو $\frac{100}{180}$ یعنی $\frac{5}{9}$ کے ساتھ ضرب دو ۔

۳ - سنٹی گریڈ (C) کو رومر (R) میں تبدیل کرنے کے لیے $\frac{80}{100}$ یعنی $\frac{4}{5}$ کے ساتھ ضرب دو ۔

۴ - رومر (R) کو سنٹی گریڈ (C) میں تبدیل کرنے کے لیے اس کو $\frac{100}{80}$ یعنی $\frac{5}{4}$ کے ساتھ ضرب دو ۔

۵ - رومر (R) کو فارن ہیٹ (F) میں تبدیل کرنے کے لیے اس کو $\frac{180}{80}$ یعنی $\frac{9}{4}$ کے ساتھ ضرب دو اور حاصل ضرب میں 32 جمع کرو ۔

٦ - فارن ہیٹ (F) کو رومر (R) میں تبدیل کرنے کے لیے پہلے اس میں سے 32 تفریق کرو اور پھر حاصل تفریق کو $\frac{80}{180}$ یعنی $\frac{4}{9}$ کے ساتھ ضرب دو ۔

پارے کے تھرمامیٹر کا حساس ہونا - پارے کے تھرمامیٹر کے حساس (Sensitive) ہونے کے لیے دو شرائط ہیں جن میں سے پہلی شرط یہ ہے کہ تھرمامیٹر دیے ہوئے جسم کے ٹمپریچر کو بہت جلد اور نہایت آسانی سے اختیار کرے اور اس مقصد کے لیے وہ دیے ہوئے جسم میں سے حرارت کی کم از کم مقدار جذب کرے ۔ اس شرط کو پورا کرنے کے لیے ضروری ہے کہ تھرمامیٹر میں پارے کی مقدار زیادہ نہ ہو اور اس غرض سے تھرمامیٹر کا بلب حجم میں بہت بڑا نہ ہو کیونکہ اگر بلب حجم میں بہت بڑا ہوگا تو اس کے اندر پارے کی مقدار بھی اسی نسبت سے زیادہ ہو جائے گی ۔

تھرمامیٹر کو حساس بنانے کے لیے دوسری شرط یہ ہے کہ اس کی نلی پر لگے ہوئے ہر درجے کی لمبائی زیادہ ہو ۔ اس شرط کی چھان بین کرنے کے لیے پارے کے سنٹی گریڈ تھرمامیٹر کو زیر غور لاؤ ۔ فرض کرو کہ اس تھرمامیٹر کے بلب کا حجم v ہے ، اس کی باریک نلی کے اندرونی جوف (Bore) کا رقبہ a ہے ، اس کی نلی پر لگے ہوئے ہر $1°C$ درجے کی لمبائی l ہے اور پارے کے حجمی پھیلاؤ کا معیار γ ہے ، تو ٹمپریچر کے $1°C$ بڑھنے سے بلب کے پارے کا پھیلاؤ $v\gamma$ ہوگا ۔ یہی پھیلاؤ باریک نلی کے اندر جس کا رقبہ a ہے ، پارے کے کالم کو بقدر l لمبائی کے اوپر لے جائے گا اور اس وجہ سے یہ پھیلاؤ al کے برابر ہوگا ۔

$$\therefore \qquad v\gamma = al$$

$$l = \frac{v\gamma}{a} \qquad \text{یا}$$

پس l کو زیادہ کرنے کے لیے نلی کے اندرونی رقبے a کا کم ہونا یعنی دوسرے لفظوں میں اس کے جوف کا تنگ ہونا اور اس کے بلب کے حجم v کا زیادہ ہونا ضروری ہے ۔ لیکن نلی کی ساخت کی مشکلات اور بعض دیگر امور کے پیش نظر اس کے جوف کو ایک خاص حد سے زیادہ تنگ نہیں بنایا جا سکتا ۔ دوسری طرف اگر اس کے بلب کو زیادہ بڑا بنا دیا جائے تو دوسری شرط کے مطابق تھرمامیٹر کی حساسیت بڑھ جاتی ہے مگر پہلی شرط کے مطابق یہ حساسیت کم ہو جاتی ہے ۔ اس وجہ سے بلب کو بھی ایک مناسب حد کے اندر ہی رکھا جاتا ہے تاکہ دونوں شرائط کے درمیان ایک توازن قائم رہے ۔

پارے کے تھرمامیٹر کی خوبیاں اور خامیاں ۔ پارے کے تھرمامیٹر میں مندرجہ ذیل خوبیاں اور خامیاں پائی جاتی ہیں :

خوبیاں : ۱ ۔ اس تھرمامیٹر کا سائز نسبتاً چھوٹا ہوتا ہے اور اسے کسی مشکل کے بغیر ایک جگہ سے دوسری جگہ لے جایا جا سکتا ہے ۔

۲ ۔ اس کا استعمال کرنا بہت آسان ہوتا ہے ۔

۳ ۔ اس کے اوپر لگے ہوئے درجوں کی مدد سے ٹمپریچر کی پیمائش براہ راست ہو جاتی ہے ۔

خامیاں : ۱ ۔ چونکہ شیشے کے اندر پارے کے پھیلاؤ کا معیار بہت کم ہوتا ہے اس لیے پارے کے تھرمامیٹر سے ٹمپریچر کی خفیف سی تبدیلی کو پوری صحت سے ناپا نہیں جا سکتا ۔

۲ ۔ شیشے کے بلب کے پھیلاؤ کا معیار شیشے کی نوعیت کے مطابق مختلف اور بے قاعدہ ہوتا ہے اور چونکہ پارے کے پھیلاؤ کے معیار کے کم ہونے کے باعث بلب کے پھیلاؤ کا معیار اس پر اثر انداز ہوتا رہتا ہے اس لیے مجموعی طور پر مختلف تھرمامیٹروں کے اندر پارے کا

پھیلاؤ یکساں اور باقاعدہ نہیں ہوتا ۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ اگر ایک جسم کا ٹمپریچر پارے کے مختلف تھرمامیٹروں سے لیا جائے تو اُن کے درجوں میں تھوڑا بہت اختلاف موجود ہوتا ہے ۔

۳ - چونکہ پارہ 38·8°C− پر منجمد ہو جاتا ہے اور 300°C کے قریب جا کر اس میں تبخیر کا عمل تیز تیز ہونے لگتا ہے یہاں تک کہ 356°C پر وہ باقاعدہ کھولنے لگتا ہے اس لیے پارے کے تھرمامیٹر کا استعمال عملی طور پر 30°C− اور 250°C کے درمیان محدود ہو جاتا ہے۔ البتہ اگر پارے کے تھرمامیٹر میں اس کے کالم کے اوپر نائٹروجن کافی دباؤ کے ماتحت بھر دی جائے تو اس سے 500°C تک کا ٹمپریچر ناپا جا سکتا ہے ۔ مگر 500°C سے اوپر پارے کا تھرمامیٹر کسی صورت میں بھی استعمال نہیں ہو سکتا ۔

۴ - اگر پارے کے تھرمامیٹر کو زیادہ حساس بنانے کے لیے اس کی نلی کے جوف کو بہت باریک بنایا جائے تو پارے کے سطحی کھنچاؤ کے باعث نلی میں اس کا آتار چڑھاؤ ہموار نہیں ہوتا ۔

پارے کے تھرمامیٹر کی غلطیاں اور اُن کی تصحیح - تمام دوسرے آلات کی طرح پارے کے تھرمامیٹر میں بھی پیمائشی غلطیوں کے ماخذ موجود ہوتے ہیں ۔ ٹمپریچر کی عام پیمائش کے لیے تو یہ غلطیاں اتنی خفیف ہوتی ہیں کہ اُن کی طرف کچھ توجہ نہیں دی جاتی لیکن جب پیمائش بہت صحیح صحیح (مثلاً 0·05°C کے آرڈر کی) لینی ہو تو ان کا لحاظ رکھنا ضروری ہو جاتا ہے پارے کے تھرمامیٹر کی ان غلطیوں کا تذکرہ حسب ذیل ہے :

صفر کی تبدیلی (Change of zero) سے پیمائش کی غلطی - دوسری اشیا کی طرح شیشہ بھی گرم ہونے پر پھیلتا ہے مگر اس میں ایک عجیب خاصیت یہ ہے کہ حرارت سے ایک بار پھیل جانے کے بعد وہ ٹھنڈا تو جلد ہو جاتا ہے لیکن ٹھنڈا ہونے کے بعد وہ فوراً اپنے پہلے سائز پر واپس نہیں آتا بلکہ آہستہ آہستہ سکڑ سکڑ کر اپنے پہلے حجم کو اختیار کرنے میں کئی مہینے لگ جاتے ہیں ۔

اس کا مطلب یہ ہے کہ اگر کسی تھرمامیٹر کو بھاپ کے نقطے تک گرم کرنے کے تھوڑے سے عرصہ بعد اس پر ٹمپریچر کے درجے لگا دیے جائیں تو جوں جوں کئی مہینے گزرنے پر اس کا بلب سکڑتا ہے اس کے پارے کا کالم معمول سے اونچا ہو جاتا ہے۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ جب ایسے تھرمامیٹر کو پگھلتی ہوئی برف میں رکھا جاتا ہے تو پارے کا ہلال یعنی منسکس (Meniscus) جو حقیقی 0°C یا 32°F یا 0°R کو ظاہر کرتا ہے، نلی پر لکھے ہوئے 0°C یا 32°F یا 0°R سے ذرا سا اوپر ہوتا ہے۔ اسے صفر کی تبدیلی (Change of zero) کا نام دیا گیا ہے۔

تھرمامیٹر کو بناتے وقت اس غلطی کو دور کرنے کا طریقہ یہ ہے کہ جب تھرمامیٹر کی نلی کو بھاپ کے نقطے تک گرم کرکے اس پر اوپر کا مقررہ درجہ لگا لیا جائے تو اسے ایک دو سال تک پڑا رکھنے کے بعد اس پر باقی درجے لگائے جائیں۔ اچھے آلہ ساز ہمیشہ یہ احتیاط برتتے ہیں۔ لیکن اس کے ساتھ ہی یہ بھی ایک حقیقت ہے کہ شیشے کے پھیلاؤ کی بے قاعدہ اور غیر یقینی حالت کے باعث ہر قسم کی احتیاط کرنے کے باوجود تھرمامیٹر میں یہ غلطی کم و بیش رہ جاتی ہے۔ اس غلطی کی تصحیح کا ایک طریقہ یہ ہے کہ تھرمامیٹر کو استعمال سے پہلے خالص پگھلتی ہوئی برف میں رکھ کر یہ غلطی معلوم کی جائے اور پھر اس کی مقدار کے مطابق تھرمامیٹر سے لی ہوئی پیمائشوں کی تصحیح کر لی جائے۔ اس طریقے میں چونکہ ہر بار ایک تجربہ کرنا پڑتا ہے جو ایک طرف وقت طلب اور دوسری طرف دقت طلب عمل ہے اس لیے آلہ سازوں کی جانب سے اس تصحیح کو عمل میں لانے کی ایک آسان صورت کا انتظام کیا جاتا ہے۔ اس کی تفصیل آگے آئے گی۔

بھاپ کے نقطے کی تبدیلی - بھاپ کا نقطہ کرہ ہوائی کے معیاری دباؤ پر 100°C تسلیم کیا گیا ہے۔ یہ معیاری دباؤ پارے کے 76 سنٹی میٹر عمودی کالم کے دباؤ کے برابر ہوتا ہے، جب کہ اس کالم کی کاٹ کا رقبہ 1 مربع سنٹی میٹر اور اس کا ٹمپریچر 0°C ہو اور وہ سطح سمندر پر ایک ایسے مقام پر واقع ہو جس کا عرض بلد (Latitude) 45 درجے ہو۔ ایک

دیے ہوئے تھرمامیٹر پر بھاپ کے نقطے کی غلطی معلوم کرنے کا طریقہ یہ ہے کہ پہلے کرۂ ہوائی کے موجودہ دباؤ وغیرہ کو زیر غور لا کر یہ معلوم کیا جائے کہ اس دباؤ کے ماتحت بھاپ کا نقطہ، حساب کے مطابق کیا ہونا چاہیے - پھر تجربہ کر کے تھرمامیٹر پر یہ نقطہ معلوم کیا جائے - تب تھرمامیٹر پر اس نقطے کی جو قیمت فی الواقع تجربے سے نکلے گی وہ حساب لگائی ہوئی قیمت سے جتنے درجے اونچی یا نیچی ہوگی، وہ بھاپ کے نقطے کی مطلوبہ غلطی ہوگی -

مثال کے طور پر فرض کیجیے کہ دیگر ضروری تصحیح کرنے کے بعد کرۂ ہوائی کا موجوہ دباؤ 759.8 ملی میٹر اور اس دباؤ کے ماتحت تجربہ کرنے پر دیے ہوئے تھرمامیٹر کا بھاپ کا نقطہ 98.55°C نکلتا ہے - اب یہ دیکھیے کہ حساب کے مطابق اس دباؤ کے ماتحت یہ نقطہ کتنا ہونا چاہیے - اس مقصد کے لیے مندرجہ ذیل معیاری نقشے کو کام میں لایا جا سکتا ہے جس کے ایک کالم میں کرۂ ہوائی کا دباؤ اور دوسرے کالم میں بھاپ کا نقطہ دیا ہوا ہے -

دباؤ (ملی میٹروں میں)	بھاپ کا نقطہ (سنٹی گریڈ میں)	دباؤ (ملی میٹروں میں)	بھاپ کا نقطہ (سنٹی گریڈ میں)
733	98·9939	747	99·5194
734	99·0318	748	99·5567
735	99·0695	749	99·5929
736	99·1073	750	99·6310
737	99·1449	751	99·6681
738	99·1826	752	99·7051
739	99·2202	753	99·7421
740	99·2577	754	99·7791
741	99·2954	755	99·8160
742	99·3327	756	99·8529
743	99·3702	757	99·8897
744	99·4075	758	99·9265
745	99·4449	759	99·9633
746	99·4822	760	100·0000

دباؤ ملی میٹروں میں	بھاپ کا نقطہ (سنٹی گریڈ میں)	دباؤ (ملی میٹروں میں)	بھاپ کا نقطہ (سنٹی گریڈ میں)
761	100·0367	771	100·4012
762	100·0733	772	100·4374
763	100·1099	773	100·4736
764	100·1465	774	100·5098
765	100·1830	775	100·5459
766	100·2194	776	100·5820
767	100·2559	777	100·6180
768	100·2923	778	100·6540
769	100·3296	779	100·6900
770	100·3649	780	100·7259

اس نقشے پر 75.6 سنٹی میٹر دباؤ کے مقابلے میں بھاپ کا نقطہ 99.8529°C ہے اور 75·7 سنٹی میٹر دباؤ کے مقابلے میں بھاپ کا نقطہ 99.8897 ہے ، اس لیے حساب لگانے سے دیے ہوئے دباؤ 756.8 پر بھاپ کا نقطہ 99.88 نکلتا ہے ، لیکن دیے ہوئے تھرمامیٹر پر یہ نقطہ 98·55°C ہے ، اس لیے تھرمامیٹر پر بھاپ کے نقطے کی غلطی 1·33°C — کی ہے اور اس کی تصحیح 1·33°C + ہے - چونکہ تھرمامیٹر پر 01°C· کا درجہ پڑھنے کا بالعموم انتظام نہیں ہوتا ، اس لیے اس تصحیح کو ہم 1·33°C کی بجائے 1·3°C لے سکتے ہیں -

اس طریقے میں چونکہ ہر بار پیچیدہ تجربے کرنے کی ضرورت پیش آتی ہے جس میں محنت اور وقت کا بہت زیادہ صرف ہوتا ہے اس لیے آلہ سازوں کی طرف سے اس تصحیح کو عمل میں لانے کے لیے ایک آسان وسیلہ مہیا کیا جاتا ہے - اس کی تفصیل آگے آئے گی -

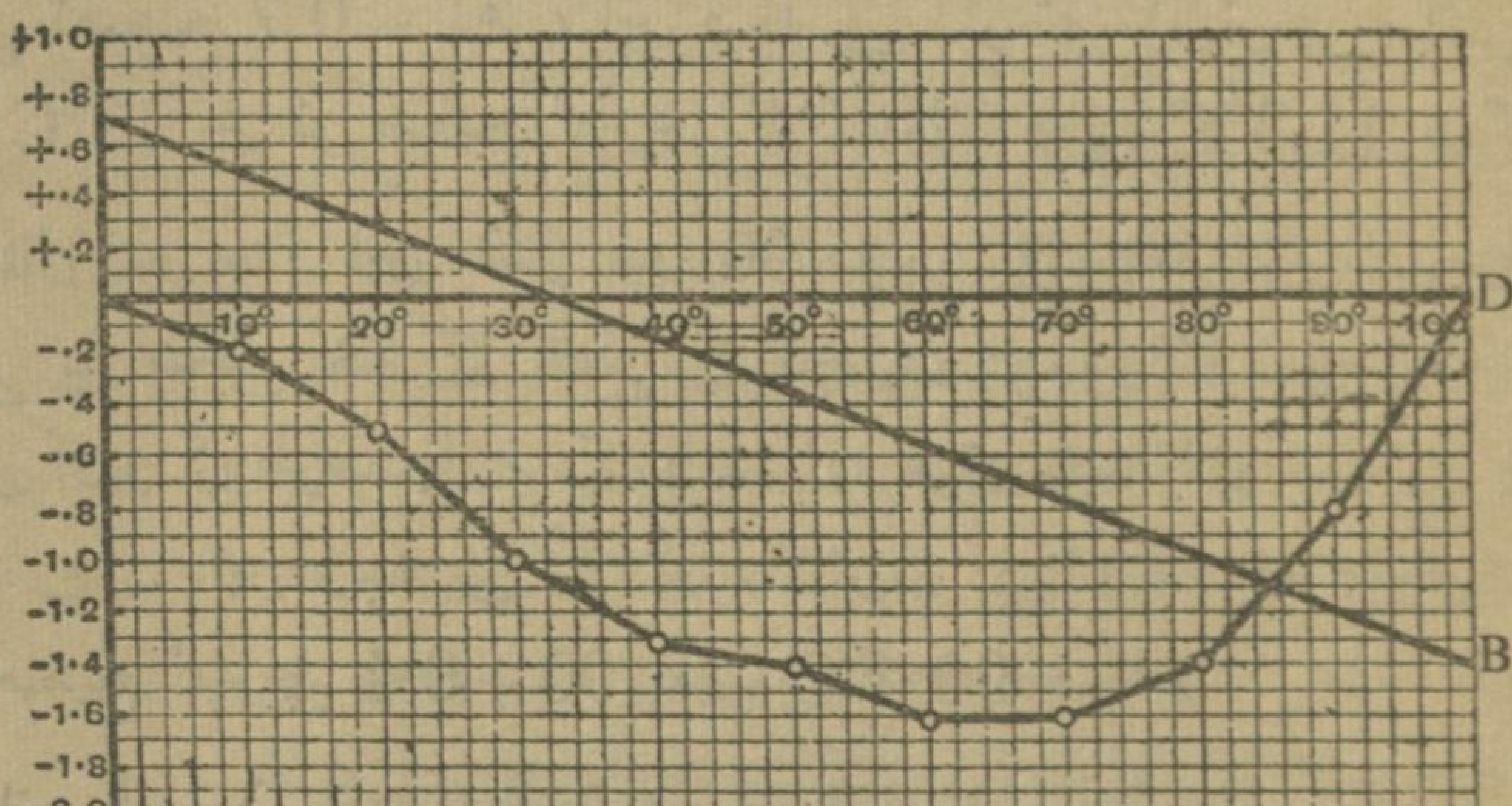
تھرمامیٹر کی نلی کے غیر ہموار ہونے کے باعث پیمائشی غلطی - تھرمامیٹر کو صحیح ہونے کے لیے اس کی نلی کے اندرونی جوف (Bore) کو بالکل ہموار یعنی رقبے اور قطر میں یکساں ہونا ضروری ہے - شیشہ گروں کے ہاں سے تھرمامیٹر کی جو نلیاں بن کر آتی ہیں ، ان کے بارے میں اگرچہ کامل احتیاط برتی جاتی ہے کہ یہ جوف ہموار اور یکساں ہو ،

لیکن عملی طور پر نلی کے جوف میں کچھ نہ کچھ ناھمواریت رہ جاتی ھے جس کے باعث تھرمامیٹر کامل طور پر صحیح نہیں رھتا -

تھرمامیٹر میں اس غلطی کی تصحیح کا طریقہ یہ ھے کہ ایک پیچیدہ قسم کے باتھ (Bath) میں جس کے ٹمپریچر کو حسب ضرورت کم و بیش کر کے خاص خاص درجوں پر رکھا جا سکتا ھو ، مختلف ٹمپریچروں کی پیمائشیں ، ایک طرف دیے ھوئے تھرمامیٹر پر لی جائیں اور دوسری جانب یہی پیمائشیں ایک معیاری گیس تھرمامیٹر سے کی جائیں ، پھر ان دونوں پیمائشوں کا مقابلہ کر کے تصحیح کی وہ مقداریں معلوم کی جائیں ، جو مختلف ٹمپریچروں کے لیے ضروری ھیں ، تصحیح کا یہ طریقہ بے حد پیچیدہ ، مشکل اور صبر آزما ھے اس لیے آلہ سازوں کی طرف سے برف کے نقطے کی غلطی کی تصحیح اور بھاپ کے نقطے کی غلطی کی تصحیح کے ساتھ ساتھ تھرمامیٹر کے جوف کی ناھمواریت کی اس تصحیح کو عمل میں لانے کے لیے بھی ایک آسان انتظام کیا ھوتا ھے ، جس کی تفصیل حسب ذیل ھے -

مندرجہ بالا تین غلطیوں کی تصحیح کا چارٹ - اچھے آلہ ساز جب ٹمپریچر کی نہایت نازک پیمائشیں لینے کے لیے اعلیٰ درجے کا پارے کا تھرمامیٹر بناتے ھیں تو اس تھرمامیٹر کی بعد میں تین طریقوں سے آزمائش کرتے ھیں - (اول) وہ تجربے سے اس تھرمامیٹر پر برف کے نقطے کی غلطی کی تصحیح معلوم کرتے ھیں - (دوم) وہ تجربے سے اس تھرمامیٹر پر بھاپ کے نقطے کی غلطی کی تصحیح معلوم کرتے ھیں - (سوم) وہ مختلف ٹمپریچروں پر تھرمامیٹر کی پیمائیشوں کا مقابلہ معیاری ھوائی تھرمامیٹر کے ساتھ کر کے نلی کے جوف (Bore) کی ناھمواریت سے پیدا شدہ غلطی کی تصحیح ان ٹمپریچروں پر معلوم کرتے ھیں - اس کے بعد ان تین قسم کی تصحیحوں کی بنا پر ایک چارٹ بنایا جاتا ھے اور اسے تھرمامیٹر کے ساتھ مہیا کر دیا جاتا ھے - اس چارٹ کی مدد سے یہ تینوں قسم کی تصحیحیں آسانی سے کر لی جاتی ھیں اور اس طرح ان تصحیحوں کو عمل میں لانے کے لیے جن پیچیدہ تجربوں کی ضرورت ھوتی ھے ، ان کی زحمت اٹھانی نہیں پڑتی - ذیل میں ایک تھرمامیٹر

کے لیے اس قسم کا چارٹ دیا گیا ہے ۔ اس چارٹ میں افقی محور کے ساتھ ساتھ ٹمپریچر کے درجے لگے ہوئے ہیں اور عمودی محور کے ساتھ تصحیح کی مقداریں لگی ہیں ۔ یہ مقداریں 0 کے اوپر کی طرف مثبت (+) اور 0 سے نیچے کی طرف منفی (—) ہیں ۔ اس خاص تھرمامیٹر کے لیے برف کے نقطے (0°C) کی تصحیح 7·+ ہے جو 0°C کے اوپر ایک نقطہ سے ظاہر ہے اور بھاپ کے نقطے (100°C) کی تصحیح 1·4 − ہے ، جو 100°C سے نیچے نقطہ سے ظاہر ہے ۔ ان دونوں نقطوں کو ملا کر ایک سیدھا خط کھینچ دیا جاتا ہے ۔



اسی نقشے میں ایک منحنی خط بھی گراف کے طور پر کھینچا ہوتا ہے جو 10° ، 20° ، 30°......90° اور 100° درجے پر نلی کے جوف کی ناہمواریت کے باعث پیدا ہونے والی غلطی کی تصحیح کو ان درجوں پر ظاہر کرتا ہے ۔ اس چارٹ کی مدد سے تینوں تصحیحوں ، یعنی برف کے نقطے کی غلطی کی تصحیح ، بھاپ کے نقطے کی غلطی کی تصحیح اور نلی کی ناہمواریت کی غلطی کی تصحیح کو مجموعی طور پر لگانے کا طریقہ یہ ہے کہ مثبت اور منفی کا لحاظ رکھتے ہوئے پیمائش کردہ ٹمپریچر کے مقابل منحنی خط اور سیدھے خط کے درمیان تصحیح کے درجے معلوم کیے جائیں اور پھر ان درجوں کو پیمائش کردہ ٹمپریچر میں جمع یا تفریق کر کے تصحیح کردہ ٹمپریچر نکال لیا جائے ۔ اس کی وضاحت ذیل کی مثالوں سے ہو سکتی ہے :

مثال نمبر ۱ : اس نقشے میں 0°C کے مقابلے میں سیدھے خط کے نقطے سے منحنی خط کے نقطے کے درمیان درجوں کا فرق 0.6 ہے اور اوپر سے نیچے کی طرف آنے کے باعث یہ فرق منفی اور اس لیے تصحیح 0.6– ہے ۔ اس وجہ سے اگر تھرمامیٹر پر پیمائش کردہ ٹمپریچر 0°C ہے تو صحیح ٹمپریچر 0.6–0 یعنی 0.4°C– ہوگا ۔

مثال نمبر ۲ : اس نقشے میں 12 درجے ٹمپریچر کے مقابلے میں سیدھے خط کے نقطے سے منحنی خط کے نقطے کے درمیان درجوں کا فرق 0.7 ہے اور اوپر سے نیچے کی طرف آنے کے باعث یہ فرق منفی اور اس لیے تصحیح 0.7– ہے ، اس وجہ سے اگر تھرمامیٹر پر پیمائش کردہ ٹمپریچر 12°C ہے تو صحیح ٹمپریچر 0.7–12 یعنی 11.3°C ہوگا ۔

مثال نمبر ۳ : اس نقشے میں 90 درجے کے مقابلے میں سیدھے خط کے نقطے سے منحنی خط کے نقطے کے درمیان درجوں کا فرق 0.4 ہے اور نیچے سے اوپر کی طرف جانے کے باعث یہ فرق مثبت اور اس لیے تصحیح 0.4+ ہے ۔ اس وجہ سے اگر تھرمامیٹر پر پیمائش کردہ ٹمپریچر 90°C ہے تو صحیح ٹمپریچر 0.4+90 یعنی 90.4°C ہوگا ۔

تازہ گرمانے (Recent heating) کے بعد پیمائشی غلطی - جب تھرمامیٹر سے کسی گرم شے کا ٹمپریچر لیے ہوئے بہت تھوڑا عرصہ گزرا ہو تو اس کا بلب پھیلا ہوا ہوتا ہے اور اسے اصلی حجم تک سکڑنے کے لیے کئی مہینے درکار ہوتے ہیں اس لیے اگر ایسے (تازہ گرمائے ہوئے) تھرمامیٹر سے کسی ٹھنڈے جسم کا ٹمپریچر ناپا جائے تو اس کی پیمائش اصل سے کافی کم ہوتی ہے کیونکہ بلب کے پھیلے ہوئے ہونے کے باعث پارے کا کالم اصل سے کم بلندی پر رہتا ہے ۔ اس غلطی کو دور کرنے کے لیے بڑے پیچیدہ عمل کرنے پڑتے ہیں اس لیے زیادہ بہتر یہی ہے کہ اس غلطی سے بچنے کی خاطر ٹھنڈے جسم کے ٹمپریچر کی پیمائش کسی اور تھرمامیٹر سے کی جائے ۔

تھرمامیٹر میں یہ غلطی عارضی نوعیت کی ہوتی ہے جو زمانے کے گزرنے کے ساتھ آپ سے آپ دور ہو جاتی ہے ۔

کھلے کالم کے باعث پیمائش کی غلطی - جب تھرمامیٹر سے کسی جسم کے ٹمپریچر کی پیمائش کی جاتی ھے تو اس کے بلب اور اس کی نلی کا کچھ حصہ تو اس جسم کے ساتھ پیوست ھوتا ھے مگر نلی کا باقی حصہ ھوا میں کھلا رھتا ھے اور اس لیے اس کھلے حصے کے اندر پارے کا ٹمپریچر اصل جسم کے ٹمپریچر سے مختلف ھوتا ھے - اس اختلاف سے جسم کے ٹمپریچر کی پیمائش میں ایک غلطی پیدا ھو جاتی ھے جو کھلے کالم کی غلطی (Error due to exposed column) کہلاتی ھے -

فرض کرو کہ تھرمامیٹر سے دیے ھوئے جسم کا پیمائش کردہ ٹمپریچر t ھے اور اس حالت میں تھرمامیٹر کی نلی کے اندر پارے کا کالم n درجے تک جسم سے باھر ھوا میں ھے جس کا ٹمپریچر θ ھے - نیز پارے کے حجمی پھیلاؤ کا معیار γ ھے - اس سے ظاھر ھے کہ اگر پارے کے کالم کا یہ بیرونی حصہ n بھی جسم کے اندر اور اس وجہ سے جسم کے ٹمپریچر پر ھو جو صحیح پیمائش کے لیے ضروری شرط ھے تو پارے کا کالم جس کی لمبائی n درجے ھے $n\gamma\ (t-\theta)$ کے بقدر مزید پھیل جائے گا - یہ مقدار کھلے کالم کی غلطی کی تصحیح کو ظاھر کرتی ھے ، اس لیے جسم کا صحیح ٹمپریچر t کی بجائے $t+n\gamma\ (t-\theta)$ ھوگا -

تھرمامیٹر کے بلب پر دباؤ کے اختلاف سے پیدا شدہ غلطی - تھرمامیٹر کا بلب ھمیشہ پتلا بنایا جاتا ھے تاکہ بلب کے اندر کا پارہ بہت جلد اس جسم کا ٹمپریچر اختیار کر لے جس کے ساتھ اسے پیوست کیا جائے یا مائع ھونے کی صورت میں جس کے اندر اسے ڈبویا جائے - لیکن بلب کے پتلا ھونے سے یہ نقص پیدا ھوتا ھے کہ بیرونی دباؤ کے اختلاف سے اس پتلے بلب کے حجم میں کمی بیشی واقع ھو جاتی ھے جو تھرمامیٹر کی پیمائش میں غلطی کا موجب بن جاتی ھے - بلب پر دباؤ کا یہ اختلاف بالعموم تین اسباب سے پیدا ھوتا ھے :

(اول) کرۂ ھوائی کے دباؤ کے گھٹنے بڑھنے سے بلب پر کا دباؤ بھی کم و بیش ھو جاتا ھے -

(دوم) جب بلب کو پانی یا کسی مائع میں ڈبویا جاتا ھے تو مائع

کا دباؤ جس کی قیمت مائع کے اندر بلب کی گہرائی پر منحصر ہوتی ہے بلب پر اثر انداز ہو کر اس کے حجم کو تبدیل کر دیتا ہے۔

(سوم) جب تھرمامیٹر کی نلی میں پارہ اوپر چڑھتا ہے تو اس کے کالم کے بلند ہو جانے سے بلب پر دباؤ بڑھ جاتا ہے اور جب پارہ نیچے اترتا ہے تو اس کے کالم کے نیچا ہو جانے سے بلب پر دباؤ گھٹ جاتا ہے۔

(چہارم) اگر تھرمامیٹر کو استعمال کرتے وقت کبھی عموداً اور کبھی افقاً رکھا جائے تو بھی پوزیشن کے اس فرق سے اس کے پارے کے اندرونی دباؤ میں اختلاف پیدا ہو جاتا ہے۔

ان تمام امور سے پیدا ہونے والی غلطی کی تصحیح کا کوئی واضح کلیہ نہیں ہے۔ یہ تصحیح باقاعدہ تجربوں سے معلوم کرکے ہی لگائی جا سکتی ہے۔

الکوحل تھرمامیٹر - مائع تھرمامیٹر کی دوسری مشہور قسم الکوحل تھرمامیٹر ہے جو حرارت سے الکوحل کے پھیلاؤ کے اصول پر مبنی ہے۔ اپنی ساخت اور دیگر تفصیلات میں یہ پارے کے تھرمامیٹر کے مشابہ ہوتا ہے، البتہ اس میں پارے کی بجائے الکوحل کا استعمال کیا جاتا ہے۔

پارے کے تھرمامیٹر کے مقابلے میں الکوحل کے اس تھرمامیٹر میں مندرجہ ذیل خوبیاں اور خامیاں پائی جاتی ہیں۔

خوبیاں : ۱- الکوحل کے پھیلاؤ کا معیار (Coefficient of expansion) پارے کے پھیلاؤ کے معیار سے قریباً دس گنا زیادہ ہوتا ہے۔ اس وجہ سے اگر پارے کے تھرمامیٹر اور الکوحل کے تھرمامیٹر کے بلب ایک ہی سائز کے اور ان کی نلیاں ایک ہی جوف کی ہوں تو ٹمپریچر کی 1°C کی زیادتی سے الکوحل کا کالم پارے کے کالم کی نسبت بہت زیادہ فاصلے تک اوپر چڑھے گا۔ دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ الکوحل تھرمامیٹر کا ایک درجہ پارے کے تھرمامیٹر کے ایک درجے سے

بہت لمبا ہوگا اور اس وجہ سے الکوحل تھرمامیٹر پارے کے تھرمامیٹر سے کہیں زیادہ حساس ہوگا۔

۲ ۔ الکوحل کی کثافت پارے سے بہت کم ہوتی ہے جس کے باعث الکوحل کا کالم پارے کے کالم سے بہت ہلکا ہوتا ہے۔ اس کا فائدہ یہ ہے کہ الکوحل کے تھرمامیٹر میں الکوحل کا اندرونی دباؤ بلب کے سائز پر اس حد تک اثر انداز نہیں ہوتا جس حد تک پارے کے تھرمامیٹر میں پارے کا اندرونی دباؤ اپنا اثر ڈال دیتا ہے۔

۳ ۔ الکوحل تھرمامیٹر کو کسی جسم کے ٹمپریچر تک پہنچنے کے لیے پارے کے اتنے ہی حساس تھرمامیٹر کے مقابلے میں تھوڑی حرارت جذب کرنی پڑتی ہے۔ یہ بات بظاہر نادرست معلوم ہوتی ہے کیونکہ الکوحل کی حرارت مخصوصہ (جو 0.6 ہے) پارے کی حرارت مخصوصہ سے (جو 0·03 ہے) بہت زیادہ ہوتی ہے اس لیے اس نکتے کی مزید وضاحت ضروری ہے۔ چونکہ الکوحل کے پھیلاؤ کا معیار پارے کے پھیلاؤ کے معیار سے دس گنا ہوتا ہے اس لیے اگر الکوحل تھرمامیٹر اور پارے کا تھرمامیٹر ایک جیسے حساس ہوں اور ان کی نلیوں کے اندرونی جوف برابر ہوں تو الکوحل تھرما میٹر کے باب کا حجم پارے کے تھرما میٹر کے بلب کے حجم سے $\frac{1}{10}$ ہوگا۔ چنانچہ اگر پارے کے تھرما میٹر کے بلب کا حجم v ہو تو الکوحل کے تھرمامیٹر کے بلب کا حجم $\frac{v}{10}$ ہوگا۔ چونکہ پارے کی کثافت اضافی 13·6 اور الکوحل کی 0·8 ہے اس لیے اپنے اپنے تھرما میٹر کے بلب میں

الکوحل کا ماس (یعنی کمیت) $=\frac{v}{10}\times 0{\cdot}8=0{\cdot}08\,v$

پارے کا ماس (یعنی کمیت) $=v\times 13{\cdot}6=13{\cdot}6v$

چونکہ الکوحل کی حرارت مخصوصہ 0·6 ہے اور پارے کی حرارت مخصوصہ 0·03 ہے اس لیے اگر ٹمپریچر کی $1°C$ کی زیادتی کے لیے الکوحل تھرمامیٹر حرارت Q_1 اور پارے کا تھرمامیٹر حرارت Q_2 جذب کرے تو

$$Q_1 = 0{\cdot}08v \times 0.6 = 0{\cdot}048v$$
$$Q_2 = 13{\cdot}6v \times 0{\cdot}03 = 0{\cdot}4v$$

اس سے ظاہر ہے کہ کسی جسم کا ٹمپریچر اختیار کرنے میں پارے کا تھرمامیٹر جتنی حرارت جذب یا خارج کرتا ہے ، اس کے برابر کا حساس الکوحل تھرما میٹر اس کا صرف $\frac{1}{10}$ حصہ حرارت جذب یا خارج کرتا ہے۔ الکوحل کے تھرما میٹر کی یہ ایک نمایاں خوبی ہے ۔

۴ - چونکہ تھرمامیٹر کی نلی کی دیوار کو الکوحل گیلا کر دیتی ہے اس لیے اس میں نلی کے ساتھ لگ کر رک جانے کا وہ عیب نہیں پایا جاتا جو کبھی کبھی پارے میں ظاہر ہو جاتا ہے - پارے کے تھرمامیٹر میں یہ عیب اس صورت میں خاص طور پر نمایاں ہوتا ہے جب اس کے ذریعے ٹمپریچر کی تبدیلی کی شرح کی پیمائش کرنی ہو۔ اس وجہ سے ایسی پیمائش کے لیے الکوحل تھرمامیٹر کو پارے کے تھرما میٹر پر ترجیح دی جاتی ہے ۔

۵ - چونکہ شیشے کے پھیلاؤ کے مقابلے میں الکوحل کے پھیلاؤ کی نسبت بہت زیادہ ہوتی ہے لیکن پارے کے پھیلاؤ کی نسبت اتنی زیادہ نہیں ہوتی ، اس لیے الکوحل تھرمامیٹر میں اس کے بلب کے حجم کے کم و بیش ہو جانے سے اس کی پیمائش پر جو فرق پڑتا ہے وہ نہایت معمولی اور قابل نظر اندازی ہوتا ہے - لیکن پارے کے تھرما میٹر میں یہ فرق نظر انداز نہیں کیا جا سکتا ۔

۶ - پارہ $-39°C$ پر منجمد ہوجاتا ہے لیکن الکوحل $-39°C$ سے نیچے $-130°C$ تک مائع حالت میں رہتی ہے ، اس لیے الکوحل تھرمامیٹر سے $-39°C$ سے نیچے کے ٹمپریچروں کی پیمائش کی جا سکتی ہے جو پارے کے تھرمامیٹر سے نہیں کی جا سکتی ۔

خامیاں : ۱ - الکوحل $78°C$ پر آبلنے لگ جاتی ہے اس لیے الکوحل تھرمامیٹر سے زیادہ سے زیادہ $60°C$ تک کے ٹمپریچر کی پیمائش کی جا سکتی ہے - $80°C$ یا $90°C$ کی پیمائش کے لیے یہ تھرمامیٹر بے کار ہوتا ہے ۔

۲ - چونکہ الکوحل تھرمامیٹر کو 100°C تک گرم نہیں کیا جا سکتا ، اس لیے اس تھرمامیٹر پر بھاپ کا نقطہ لگانے کے لیے دوسرے تھرمامیٹروں کا سہارا لینا پڑتا ہے - براہ راست اس نقطے کو نہیں لگایا جا سکتا -

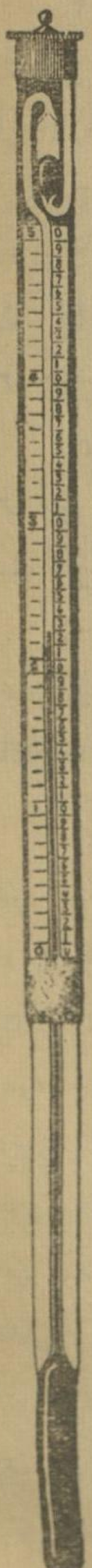
۳ - جب الکوحل تھرمامیٹر کے بلب کو کسی گرم مائع مثلاً پانی میں ڈبویا جائے تو نلی کے اوپر کے حصے کے ٹھنڈا ہونے کے باعث الکوحل کے کچھ بخارات جو نیچے سے تبخیر ہو کر اوپر اٹھتے ہیں ، نلی کے اس حصے کی دیوار کے ساتھ قطروں کی صورت میں لگ جاتے ہیں -

۴ - الکوحل کو ہوا سے بالکل پاک کر دینا قریباً قریباً نا ممکن ہے اس لیے الکوحل تھرمامیٹر میں کبھی کبھی ہوا کے بلبلے نلی میں نظر آنے لگتے ہیں -

۵- پارے کے تھرمامیٹر کے مقابلے میں اتنے ہی حساس الکوحل تھرمامیٹر میں چونکہ نلی کا جوف نسبتاً بڑا ہوتا ہے ، اس لیے کھلے کالم (Exposed Column) کی غلطی الکوحل تھرمامیٹر میں نسبتاً بڑھ جاتی ہے -

بیک مان تھرما میٹر (Beckmann thermometer) - اس تھرمامیٹر کو ایک سائنس دان بیک مان (Beckmann) نے بنایا تھا اس وجہ سے یہ اپنے موجد کے نام پر **بیک مان تھرما میٹر** (Beckmann thermometer) کہلاتا ہے - یہ ایک خاص قسم کا پارے کا تھرما میٹر ہے جس کی مدد سے ایک محدود رینج (Range) کے اندر ٹمپریچر کی پیمائش نہایت صحیح صحیح کی جا سکتی ہے - چنانچہ اپنی رینج (Range) کے اندر یہ تھرمامیٹر $\frac{1}{100}$ درجہ سنٹی گریڈ تک ٹمپریچر کو ناپ سکتا ہے جو عام تھرمامیٹر سے ناممکن ہے - ٹمپریچر کی خفیف سی تبدیلی کی پیمائش کرنے کے لیے یہ تھرمامیٹر خاص طور پر موزوں ہے - اس لیے پانی یا کسی اور مائع میں کسی شے کے گھل مل جانے سے اس کے نقطۂ انجماد یا نقطۂ جوش میں جو خفیف سی تبدیلی پیدا ہو جاتی ہے اس کو ناپنے میں اس تھرمامیٹر کا استعمال بہت عام ہے -

اس کی نلی بہت لمبی ہوتی ہے مگر اس پر درجے صرف 0 سے 5 تک لگائے جاتے ہیں البتہ ، ان میں سے ہر درجہ 100 حصوں میں تقسیم ہوتا ہے جس کے باعث اس تھرمامیٹر سے $\frac{1}{100}$ سنٹی گریڈ تک ٹمپریچر کی پیمائش ممکن



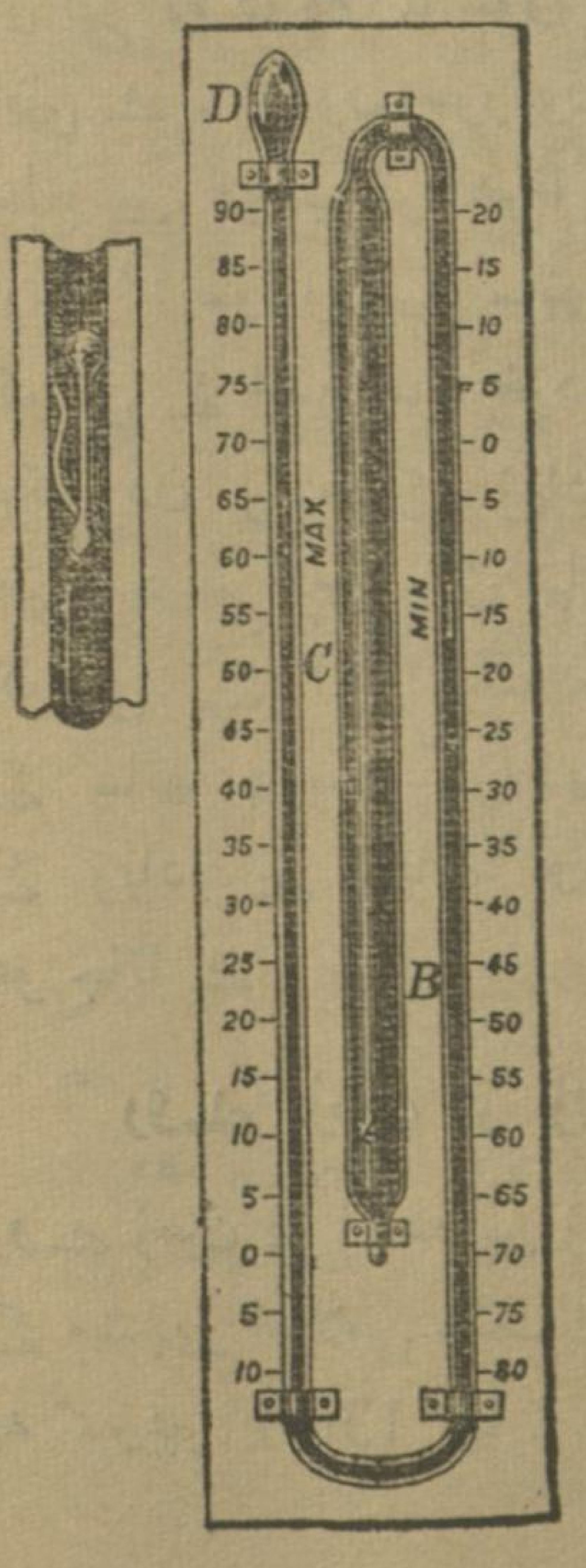
ہو جاتی ہے - نلی کے اندر کے پارے کے کالم کی حرکت کو باقاعدہ بنانے کے لیے نلی کا اندرونی جوف (Bore) عام تھرمامیٹر سے چوڑا بنایا جاتا ہے اور اسی نسبت سے اس کے بلب کا حجم بھی بڑھا ہوا ہوتا ہے - اس تھرمامیٹر کی نلی اوپر جا کر خمیدہ ہو جاتی ہے اور اس خمیدہ حصے میں ایک لمبوترا ریزروائر (Reservoir) لگا ہوتا ہے - نلی کے نچلے حصے اور بلب میں تو پارہ بھرا ہی ہوتا ہے ، اس کے علاوہ کچھ زائد پارہ اس ریزروائر (Reservoir) میں بھی موجود ہوتا ہے - اس تھرمامیٹر کی نلی کافی پتلی اور نازک ہوتی ہے جسے صدمے سے بچانے کے لیے اسے ایک اور چوڑی نلی کے اندر بند کر دیا جاتا ہے -

اس تھرمامیٹر کی قابل ذکر خصوصیت یہ ہے کہ اس کے پارے کو حسب ضرورت اصل تھرمامیٹر میں سے نکال کر اوپر کے ریزروائر میں بھرا جا سکتا ہے - اس کی ترکیب یہ ہے کہ تھرمامیٹر کو اتنا گرم کیا جاتا ہے جس سے اس کی نلی کا پارہ پھیل کر اوپر کے حصے تک چلا جائے اور وہاں سے اس کی مقدار ریزروائر میں پہنچ جائے - اس کے بعد ہلکی ہلکی ضربیں لگانے سے نلی کے پارے کو ریزروائر کے پارے سے الگ کر لیا جاتا ہے - علاوہ ازیں ضرورت پڑنے پر ریزروائر کے پارے میں کچھ حصے کو اصل تھرمامیٹر کے پارے میں شامل کیا جا سکتا ہے - اس کی ترکیب یہ ہے کہ ریزروائر کے مقام کے قریب برنر کو لا کر اسے حرارت پہنچائی جاتی ہے جس سے اس کے اندر کا پارہ پھیلتا ہے اور اس کی ایک مقدار تھرمامیٹر کی نلی میں داخل ہو کر اصل تھرمامیٹر کے پارے میں جا ملتی ہے -

بیک مان تھرمامیٹر کے استعمال کی وضاحت ایک مثال سے کی جاتی ہے - فرض کیجیے کہ ہمیں 60°C اور 70°C کے درمیان ٹمپریچر کے اختلاف کی صحیح صحیح پیمائش اس تھرمامیٹر کی مدد سے کرنی مطلوب ہے - پانی یا کسی مائع کا ایک ایسا باتھ لو جس کا

ٹمپریچر عام سنٹی گریڈ تھرمامیٹر سے پیمائش کرنے پر 60°C ہو۔ بیک مان تھرمامیٹر (Beckmann thermometer) کو اس باتھ میں ڈبوؤ تو اس کا پارہ نلی کے ایک خاص درجے تک اوپر چڑھ جائے گا۔ اس تھرمامیٹر میں سے پارے کی ایک مناسب مقدار کو ریزروائر میں لے جاؤ جس کے بعد یہ صورت پیدا ہو جائے کہ بیک مان تھرمامیٹر کو باتھ میں ڈبونے پر اس کے پارے کی سطح 0 درجے تک رہے۔ اب بیک مان تھرمامیٹر 60°C سے 65°C کے درمیانی ٹمپریچر کی پیمائش کرنے کے لیے درست ہو گیا ہے اور اس حالت میں اس کا 0 کا درجہ 60°C کے برابر ہے۔ اس طرح اصل بیک مان تھرمامیٹر میں سے پارے کو حسب ضرورت کم یا زیادہ کر کے اسے ٹمپریچر کی مطلوبہ رینج (Range) کے لیے درست کیا جا سکتا ہے اور اس رینج کے درمیان کے ٹمپریچروں کی پیمائش 0·01°C تک صحیح صحیح کی جا سکتی ہے۔

سکس کا میکسیمم مینیمم تھرمامیٹر (Six's maximum minimum thermometer)۔ اس تھرمامیٹر سے جو ایک سائنس دان سکس (Six) نامی کی ایجاد ہے، دن رات کے زیادہ سے زیادہ (یعنی میکسیمم) ٹمپریچر اور کم سے کم (یعنی مینیمم) ٹمپریچر کی پیمائش کی جا سکتی ہے اس لیے اس کو سکس کا میکسیمم مینیمم تھرمامیٹر (Six's maximum minimum thermometer) کہتے ہیں۔ یہ تھرمامیٹر ایک لمبوترے بلب اور ایک U نلی BCD پر مشتمل ہوتا ہے۔ U نلی کے نیچے کے حصے میں پارہ بھرا رہتا ہے اور بلب تمام کا تمام اور نلی کے اوپر کے حصے الکوحل سے بھرے ہوئے ہوتے ہیں U نلی کے بائیں کھلے بازو کے اوپر کے سرے پر ایک مخروط سا بنا ہوا ہوتا ہے جس کے اندر بھی جزوی طور پر الکوحل بھری رہتی ہے۔



U نلی کے دونوں بازوؤں میں پارے کی سطح کے اوپر فولاد کی درجہ نما سوئیاں (Index needles) ڈال دی جاتی ہیں۔ پورا تھرمامیٹر لکڑی کے ایک فریم پر چڑھا رہتا ہے جس پر دونوں طرف ٹمپریچر کے درجے لگے ہوئے ہوتے ہیں۔

جب دن کے وقت ٹمپریچر بڑھتا جاتا ہے تو بلب کے اندر الکوحل پھیلتی ہے اور یہ پارے کو U نلی کے بازو میں دھکیلتی ہے۔ اس سے پارہ اس بازو میں اوپر چڑھتا ہے اور درجہ نما سوئی کو زیادہ سے زیادہ حد تک اوپر لے جاتا ہے۔ اس طرح یہ درجہ نما سوئی (Index needle) میکسیمم یعنی، زیادہ سے زیادہ ٹمپریچر کو ظاہر کر دیتی ہے۔ جب رات کو ٹمپریچر گرتا ہے تو الکوحل سکڑتی ہے جس سے خم دار نلی کے دوسرے بازو میں پارہ اوپر چڑھتا ہے اور اس بازو کے اندر درجہ نما سوئی کو اوپر دھکیلتا ہے۔ اس لیے یہ درجہ نما سوئی مینیمم یعنی کم از کم ٹمپریچر کو ظاہر کر دیتی ہے۔ دونوں صورتوں میں درجہ نما سوئی کا نچلا سرا جو پارے کی سطح سے قریب تر ہوتا ہے، مطلوبہ ٹمپریچر کو ظاہر کرتا ہے۔ درجہ نما سوئیوں کے ساتھ بعض اوقات ایک سپرنگ لگا ہوتا ہے جو اس کو نلی کے اندر خود بخود پھسلنے سے روکتا ہے۔ جب اس تھرمامیٹر سے ایک دن رات کے زیادہ سے زیادہ یعنی میکسیمم اور کم سے کم یعنی مینیمم ٹمپریچر کی پیمائش ہو چکتی ہے تو اس کی درجہ دار سوئیوں کو نلی کے اندر ایک مقناطیس کی مدد سے پھرا کر پارے کی سطح کے ساتھ پیوست کر دیا جاتا ہے اور تھرمامیٹر دوسرے دن رات کے زیادہ سے زیادہ اور کم سے کم ٹمپریچر لینے کے لیے درست ہو جاتا ہے۔

روے زمین پر زیادہ سے زیادہ اور کم سے کم ٹمپریچر۔

روے زمین پر زیادہ سے زیادہ ٹمپریچر 13 ستمبر 1922ع کو شمالی افریقہ کے مشہور اسلامی ملک لیبیا (Libya) کے شہر عزیزیہ میں ناپا گیا۔ یہ ٹمپریچر 136°F تھا۔ سال بھر کے تمام دنوں کے لیے سب سے زیادہ

اوسط ٹمپریچر 88°F افریقہ کے ملک شمالی لینڈ میں ایک مقام نوع کا ریکارڈ کیا گیا ہے۔

پہلی فروری 1933ع کو روس کے شمالی حصے سائی بیریا کے ایک مقام اومی کان (Omekon) میں کم سے کم ٹمپریچر 90°F– ناپا گیا اور 21 جولائی 1934ع کو سائنس دانوں کی جو جماعت بحر منجمد شمالی کو گئی انھوں نے وہاں کا کم سے کم ٹمپریچر 83°F– مشاہدہ کیا۔ 1957ع کے سال میں، جو بین الاقوامی ارضیاتی سال (I.G.Y.) کے نام سے مشہور ہے، ستمبر 1957ع کو قطب جنوبی کے نزدیک صفر سے 102·1°F نیچے کا ٹمپریچر ریکارڈ کیا گیا۔ سال بھر کے تمام دنوں کے لیے سب سے کم اوسط ٹمپریچر 22°F– قطب جنوبی ہی کے ایک علاقے کا تھا۔

جانداروں کے جسمانی ٹمپریچر - جانداروں میں انسان کا نارمل جسمانی ٹمپریچر 98·4°F (36·9°C) ہے۔ گھوڑے اور ہاتھی کا جسمانی ٹمپریچر 99·7°F (37·6°C) ہے اور تمام جانداروں میں یہ انسان کے سب سے قریب ہے۔ دودھ پلانے والے جانوروں میں سے خرگوش اور لومڑی کا جسمانی ٹمپریچر سب سے زیادہ، یعنی 104°F (40°C) ہوتا ہے۔ جو انسان کے لیے زور کے بخار کا ٹمپریچر ہے۔ مگر پرندوں کے جسم و پاؤں سے بھی کہیں زیادہ گرم ہوتے ہیں۔ چنانچہ ان کا نارمل جسمانی ٹمپریچر 107·6°F (42°C) ہوتا ہے جو انسان کے لیے بہت زور کے بخار کا ٹمپریچر ہے۔

گیس تھرمامیٹر (Gas thermometers)

ایسے تھرمامیٹر جن میں پارے یا الکوحل کی بجائے کسی گیس مثلاً ہائیڈروجن، نائٹروجن ہیلیم یا عام ہوا سے ٹمپریچر ناپنے کا کام لیا جاتا ہے **گیس تھرمامیٹر** (Gas thermometers) کہلاتے ہیں۔ مائع تھرمامیٹروں کے مقابلے میں گیس تھرمامیٹروں میں مندرجہ ذیل خوبیاں پائی جاتی ہیں:

گیس تھرماسیٹر کی خوبیاں: ۱ - گیس کے پھیلاؤ کا معیار مائع کے

پھیلاؤ کے معیار سے بہت زیادہ ہوتا ہے ۔ اس وجہ سے گیس تھرمامیٹر مائع تھرمامیٹر سے زیادہ حساس ہوتا ہے ۔ علاوہ ازیں اسی وجہ سے گیس تھرمامیٹر میں برتن کے پھیلاؤ کا اثر گیس کے پھیلاؤ کے مقابلے میں اتنا قلیل رہ جاتا ہے کہ اُسے نظر انداز کیا جا سکتا ہے ۔

۲ ۔ گیس کے حجم یا دباؤ کی تبدیلی بہت باقاعدہ ہوتی ہے ۔

۳ ۔ گیس تھرمامیٹر سے بہت اُونچے اور بہت نیچے ٹمپریچر آسانی سے ناپے جا سکتے ہیں جن کی پیمائش مائع تھرمامیٹر سے (مائع کے منجمد ہو جانے یا جوش کھا جانے کے باعث) نہیں ہو سکتی ۔

۴ ۔ مائع کے مقابلے میں گیس کی حراری گنجائش (Thermal capacity) بہت کم ہوتی ہے ۔

۵ ۔ گیس کو خالص حالت میں حاصل کرنا سہل ہوتا ہے ۔ اس بارے میں صرف یہ احتیاط ضروری ہوتی ہے کہ گیس بالکل خشک ہو ۔ چناں چہ گیس کو استعمال سے پہلے رطوبت جذب کرنے والی متعدد اشیا میں سے گزار کر کامل طور پر خشک کر لیا جاتا ہے ۔

۶ ۔ چونکہ مختلف گیسوں کے حجم کے معیار (Volume coefficient) اور دباؤ کے معیار (Pressure coefficient) برابر ہوتے ہیں اس لیے گیس تھرمامیٹروں میں مختلف گیسیں استعمال کرنے پر بھی اُن کے سکیل یعنی درجے ایک سے رہتے ہیں ۔

گیس تھرمامیٹروں کی ان خوبیوں کے باعث ٹمپریچر کی پیمائش میں ہمیشہ انھیں معیاری تھرمامیٹر تسلیم کیا جاتا ہے اور دوسرے تھرمامیٹروں کی درجہ بندی اُن کے ساتھ مقابلہ کرکے کی جاتی ہے ۔ اس وجہ سے یہ دوسرے تھرمامیٹر ثانوی تھرمامیٹر (Secondary thermometer) کہلاتے ہیں ۔

گیس تھرما میٹر کا اصول ۔ اگر کسی گیس کا حجم V ہو ، اس کا دباؤ P ہو اور اس کا مطلق ٹمپریچر (Absolute temperature) T ہو تو ان کے درمیان تعلق مندرجہ ذیل مساوات سے عیاں ہے :

$$PV = RT$$

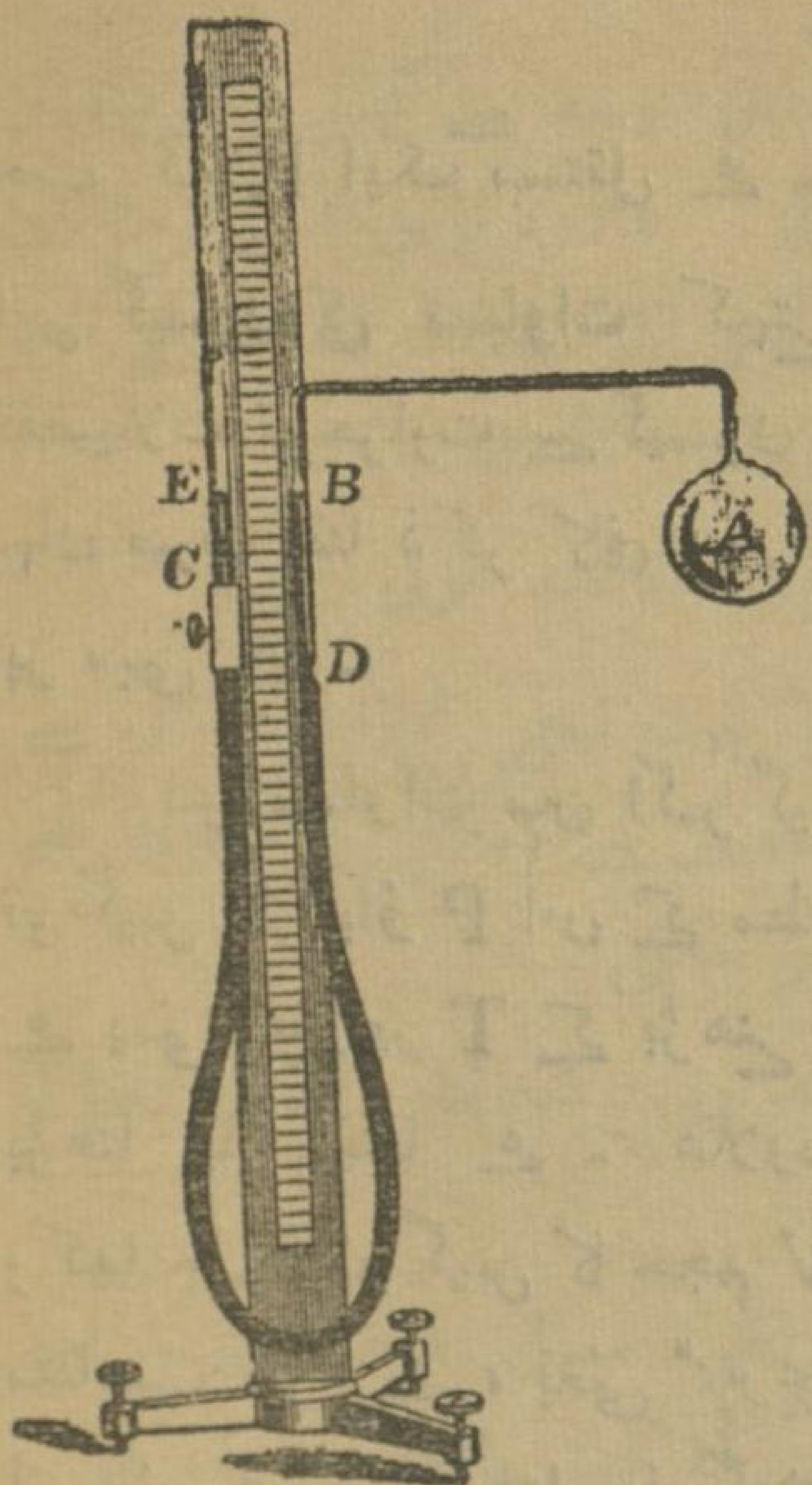
جب کہ R ایک مستقل ہے ۔

اسے **گیسوں کی مساوات** کہتے ہیں ۔ اس مساوات کے متعلق مزید تفصیلات توحرارت سے گیسوں کے پھیلاؤ کے باب میں بیان کی جائیں گی، یہاں صرف اتنا ذکر کافی ہے کہ گیس تھرمامیٹر کا اصول اسی مساوات پر مبنی ہے ۔

اس مساوات میں اگر گیس کے حجم V کو مستقل رکھا جائے تو گیس کا دباؤ P اس کے مطلق ٹمپریچر T کے براہ راست متناسب ہوتا ہے یعنی ٹمپریچر T کے بڑھنے یا گھٹنے پر یہ دباؤ P اسی نسبت سے بڑھتا یا گھٹتا ہے ۔ علاوہ ازیں اگر گیس کے دباؤ P کو مستقل رکھا جائے تو گیس کا حجم V اس کے مطلق ٹمپریچر T کے براہ راست متناسب ہوتا ہے ، یعنی ٹمپریچر T کے بڑھنے یا گھٹنے پر یہ حجم V اسی نسبت سے بڑھتا یا گھٹتا ہے ۔ گیس تھرمامیٹروں میں یہ دونوں اصول ہی فرداً فرداً برتے جاتے ہیں اور ان سے دو علیحدہ علیحدہ قسموں کے تھرما میٹر حاصل ہوتے ہیں ۔ ان میں سے پہلی قسم کے تھرما میٹر کو جس میں گیس کا حجم برقرار رہتا ہے اور مطلق ٹمپریچر کے ساتھ اس کا دباؤ بڑھتا گھٹتا ہے ، **مستقل حجم کا گیس تھرما میٹر** (Constant volume gas thermometer) کہتے ہیں ۔ دوسری قسم کے تھرمامیٹر میں گیس کا دباؤ برقرار رکھا جاتا ہے مگر اس کا حجم مطلق ٹمپریچر کے ساتھ گھٹتا بڑھتا ہے ۔ یہ تھرما میٹر **مستقل دباؤ کا گیس تھرما میٹر** (Constant pressure gas thermometer) کہلاتا ہے ۔

جالی کا مستقل حجم گیس تھرما میٹر۔ مستقل حجم گیس تھرمامیٹر کی یہ سب سے سادہ قسم ہے اور ایک سائنس دان جالی (Joly) کی ایجاد ہے ، اس لیے یہ **جالی کا مستقل حجم گیس تھرما میٹر** (Joly's constant volume gas thermometer) کہلاتا ہے ۔

اس تھرمامیٹر میں شیشے کا ایک بڑے سائز کا بلب ایک باریک نلی کے ذریعے ایک نسبتاً چوڑی نلی BD کے ساتھ ملحق ہوتا ہے اور



یہ چوڑی نلی BD ربڑ کی ایک لمبی نلی کے ذریعے اس قسم کی ایک اور نلی CE کے ساتھ ملی ہوتی ہے - دونوں نلیاں لکڑی کے ایک عمودی فریم کے اوپر چڑھی رہتی ہیں جس کے درمیان میں ایک پیمانہ لگا ہوا ہوتا ہے - ان نلیوں میں سے BD نلی تو عموماً ایک جگہ پر قائم رہتی ہے مگر EC نلی کو پیمانے کے ساتھ اوپر نیچے پھرایا جا سکتا ہے اور حسب ضرورت ایک مناسب بلندی پر لا کر پیچوں سے کسا جا سکتا ہے -

تھرما میٹر سے کام لینے کے لیے CE نلی کے کھلے منہ E میں سے اتنا پارہ اندر ڈالو کہ ربڑ کی ساری نلی کو بھر لینے کے بعد وہ دونوں نلیوں BD اور EC میں تقریباً نصف تک بھر جائے، تھرمامیٹر اب تیار ہے -

اس تھرمامیٹر سے کسی دیے ہوئے باتھ (Bath) کے ٹمپریچر کی پیمائش کرنے کے لیے ذیل کے طریقے کو عمل میں لاؤ - بلب A کو خالص پگھلتی ہوئی برف میں ڈبو کر رکھو تاکہ اس کے اندر کی ہوا کا ٹمپریچر 0°C ہو جائے جو برف کا ٹمپریچر ہے - نلی EC کو اونچا نیچا کر کے ایسی بلندی پر کس دو جس سے BD نلی کے پارے کی سطح نشان B تک آ جائے، اس حالت میں EC نلی کے اندر پارے کی سطح BD نلی کے اندر پارے کی سطح سے جتنی بلند ہو اس کی پیمائش کرو - فرض کرو کہ پارے کی دونوں سطحوں کا فرق h_0 ہے، ایک علیحدہ بیرومیٹر سے کرہ ہوائی کا دباؤ P معلوم کرو، تب اگر بلب A کے اندر محصور ہوا کا دباؤ (0°C پر) P_0 ہو تو

$$P_0 = P + h_0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

(یہاں یہ یاد رکھنا چاہیے کہ اگر EC نلی کے اندر پارے کی سطح BD نلی کے اندر پارے کی سطح سے نیچی ہو تو h_0 کی قیمت منفی ہوگی اور P_0 کی قیمت P میں سے h_0 کو تفریق کرنے سے نکلے گی) ۔

بلب A کے گرد سے برف ہٹا لو اور اسے بھاپ میں جس کا ٹمپریچر $t°C$ ہو ، رکھو ۔ بلب A کی ہوا پھیل کر پارے کو دھکیلے گی اور اس کی سطح نشان B سے نیچی کر دے گی ۔ EC نلی کو پہلے سے زیادہ بلندی پر لے جاؤ ۔ یہاں تک کہ BD نلی میں پارے کی سطح دوبارہ نشان B تک آ جائے ۔ دونوں نلیوں میں پارے کی سطح کی بلندیوں کا فرق h_t معلوم کرو ۔ تب اگر محصور ہوا کا دباؤ ($t°C$ پر) P_t ہو اور کرۂ ہوائی کا دباؤ P ہو تو

$$P_t = P + h_t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

آخر میں بلب A کو دیے ہوئے باتھ (Bath) میں ، جس کا ٹمپریچر x معلوم کرنا ہو ، رکھو اور اوپر کے عمل کو دھرا کر پارے کی سطح کی بلندیوں کا فرق h_x نکالو ۔ تب اگر محصور ہوا کا دباؤ ($x°C$ پر) P_x ہو تو

$$P_x = P + h_x \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(iii)$$

اگر ہوا کے دباؤ کا معیار (Pressure coefficient) β ہو تو P_0 اور P_t کو زیر غور لانے سے

$$\beta = \frac{P_t - P_0}{P_0 \times t}$$

اسی طرح P_x اور P_0 کو زیر غور لانے سے

$$\beta = \frac{P_x - P_0}{P_0 \times x}$$

$$\therefore \quad \frac{P_t - P_0}{P_0 \times t} = \frac{P_x - P_0}{P_0 \times x}$$

$$\text{یا}\qquad \frac{P_t-P_0}{t}=\frac{P_x-P_0}{x}$$

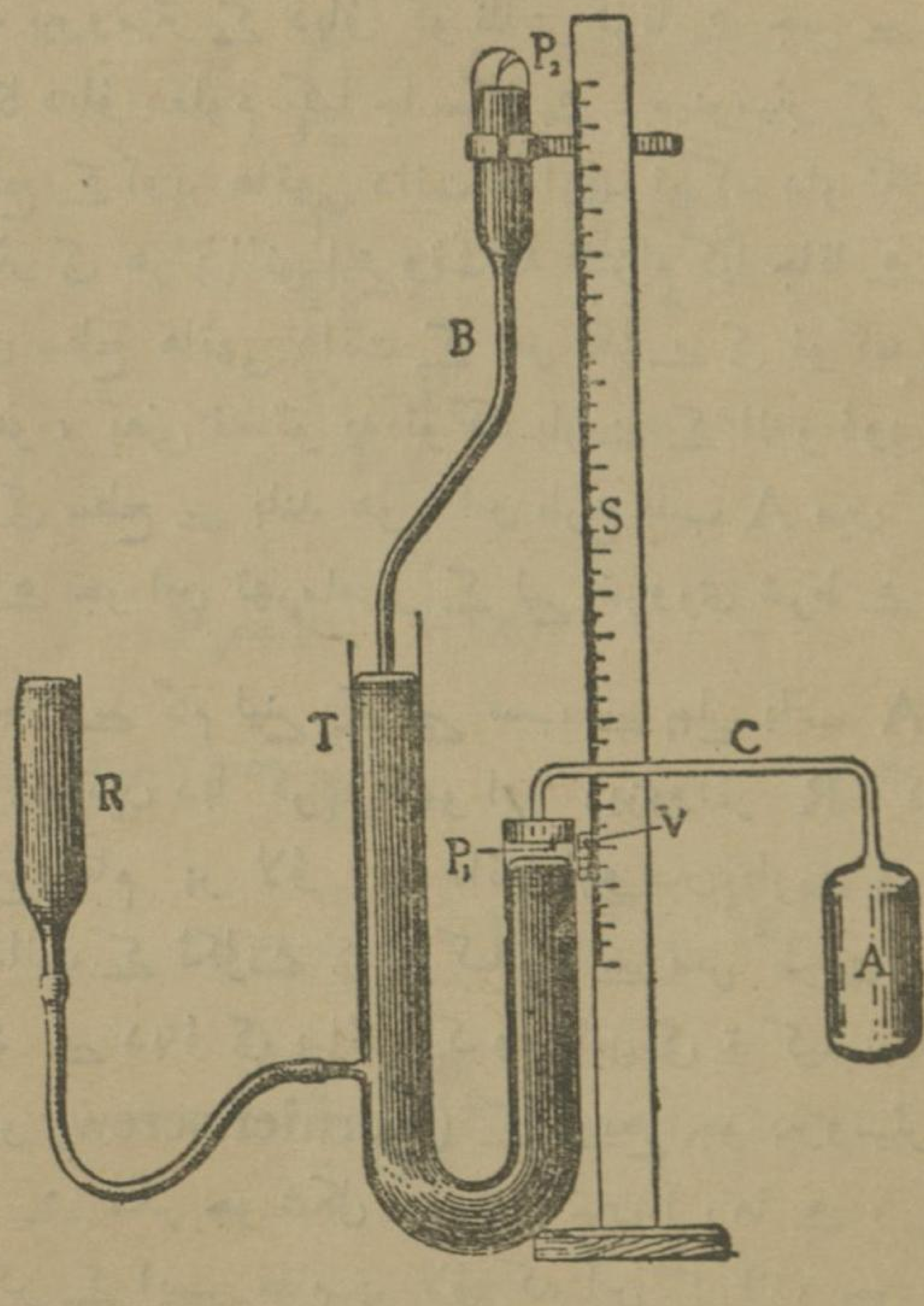
$$\therefore\qquad x=\frac{P_x-P_0}{P_t-P_0}\times t$$

چونکہ P_0 ، P_t اور P_x تجربے سے معلوم کر لیے گئے ھیں اور بھاپ کا ٹمپریچر t براہ راست ناپا جا سکتا ھے ، اس لیے اوپر کی مساوات کی مدد سے باتھ کا مطلوبہ ٹمپریچر x معلوم ہو سکتا ھے ۔

نوٹ : جالی کے اس تھرمامیٹر میں ایک بڑی خامی یہ ھے کہ اس کو استعمال کرتے وقت ھر بار ایک علیحدہ بیرومیٹر سے کرۂ ھوائی کے دباؤ P کی پیمائشیں لینی پڑتی ھیں ۔ اب یہ عین ممکن ھے کہ تجربے کے دوران اس دباؤ میں خفیف سی تبدیلی ہو جائے تو اس کو حساب میں نہیں لایا جا سکے گا ۔ علاوہ ازیں یہ بھی ہو سکتا ھے کہ بیرومیٹر تھرمامیٹر سے مختلف بلندی پر ہو جس کی وجہ سے بیرومیٹر کا ظاھر کردہ دباؤ اس دباؤ سے قدرے مختلف ہوگا جو تھرمامیٹر کی سطح پر ہوگا ۔ اس خامی کو دور کرنے کی صورت یہی ھے کہ کرۂ ھوائی کے دباؤ کو ناپنے کا انتظام خود تھرمامیٹر کے اندر ھی موجود ہو ۔ دو سائنس دانوں ھارکر (Harker) اور چاپیئس (Chappius) نے ایک ایسا مستقل حجم کا گیس تھرمامیٹر بنایا جس میں کرۂ ھوائی کے ناپنے کا انتظام تھرمامیٹر ھی میں رکھا ، جس کی وجہ سے جالی کے تھرمامیٹر کی مذکورہ بالا خامی دور ہو گئی ۔ یہ تھرمامیٹر **ھارکر اور چاپیئس کا گیس تھرمامیٹر** (Harker and Chappius gas thermometer) یا **معیاری مستقل حجم گیس تھرمامیٹر** (Standard constant volume gas thermometer) کہلاتا ھے ۔ اس کی تفصیل حسب ذیل ھے :

معیاری مستقل حجم گیس تھرمامیٹر یا ھارکر (Harker) اور چاپیئس (Chappius) کا مستقل حجم گیس تھرمامیٹر ۔ اس تھرمامیٹر کا بلب A پلاٹینیم (ریڈیم) کا بنا ہوا ہوتا ھے ۔ اس کی شکل سلنڈر کی سی ہوتی ھے جس کا طول ایک میٹر اور قطر تقریباً 3·6 سنٹی میٹر ہوتا ھے ۔ اس بلب کی اندرونی گنجائش قریباً ایک لیٹر (Litre)

ھوتی ھے - اس میں خشک ھائیڈروجن ، جس کا دباؤ پارے کے ایک میٹر کالم کے برابر ھوتا ھے ، پگھلتی برف کے ٹمپریچر پر بھر دی جاتی ھے - اس بلب کو پلاٹینم کی ایک باریک نلی C کے ذریعے پارے کے ایک خاص مینومیٹر (Manometer) کے دائیں بازو



کے ساتھ ملا دیا جاتا ھے - مینومیٹر کے دونوں بازوؤں میں پارہ بھرا ھوا ھوتا ھے - مینومیٹر کے بائیں بازو کا سلسلہ ربڑ کی ایک نلی کے ذریعے ایک ریزروائر (Reservoir) R کے ساتھ ملا دیا جاتا ھے - اس ریزروائر میں بھی پارہ پڑا ھوتا ھے - مینومیٹر کے بائیں بازو میں ایک بیرومیٹر نلی کو پارے سے بھر کر اُلٹایا جاتا ھے - اس بیرومیٹر نلی کا اُوپر کا حصہ ایک چوڑے بلب کی صورت میں اور نیچے کا حصہ ایک باریک نلی کی صورت میں ھوتا ھے - یہ باریک نلی اس طور سے خم کھائی ھوئی ھوتی ھے کہ اس کا نیچے کا حصہ تو عموداً رھتا ھے

مگر اوپر کا حصہ ایک طرف کو مڑا ہوتا ہے جس کے باعث بیرومیٹر کا چوڑے بلب والا حصہ مینومیٹر کے دائیں بازو کے اوپر اور عموداً اس کی سیدھ میں آ جاتا ہے ۔ مینومیٹر کے دائین بازو میں پارے کی سطح اور بیرومیٹر کے چوڑے بلب میں پارے کی سطح ان دونوں سطحوں کا درمیانی عمودی فاصلہ بیرومیٹر کے دباؤ کو ظاہر کرتا ہے جس سے بلب کے اندر محصور گیس کا دباؤ معلوم کیا جا سکتا ہے ۔ مینومیٹر کے دائیں بازو میں پارے کی سطح کے اوپر ہاتھی دانت کا ایک نوک دار ٹکڑا P_1 لگا ہوتا ہے ۔ تھرمامیٹر کی ہر پیمائش لیتے وقت یہ التزام کیا جاتا ہے کہ دائیں بازو میں پارے کی سطح ہاتھی دانت کے اس ٹکڑے کی نوک کے ساتھ مس کر رہی ہو ، یعنی نہ تو یہ نوک پارے کے اندر ڈوبی ہوئی ہو اور نہ وہ پارے کی سطح سے بلند ہو ۔ اس طرح بلب A میں گیس کا حجم مستقل رہتا ہے جو اس تھرمامیٹر کے لیے ضروری شرط ہے ۔

تھرمامیٹر سے کام لینے کے لیے سب سے پہلے بلب A کو پگھلتی برف کے چورے میں دبا کر رکھو اور ریزروائر R کو اوپر نیچے کر کے ایسے مقام پر لاؤ کہ دائیں‌بازو میں پارے کی سطح ایک بار پھر ہاتھی دانت کے ٹکڑے کی نوک P_1 سے مس کرے ۔ اب بیرومیٹر نلی کی مدد سے دباؤ کی پیمائش کرو ۔ اس کی ترکیب یہ ہے کہ ایک ورنیئر سکریو (Vernier screw) کے ذریعے جو بیرومیٹر کی چوڑی نلی کے ساتھ لگا ہے مگر جو شکل میں نظر نہیں آ رہا ہے ، چوڑی نلی کو اوپر نیچے کر کے ایسے مقام پر لاؤ کہ اس کے اندر جو ہاتھی دانت کا نوک دار ٹکڑا لگا ہے ، اس کی نوک P_2 پارے کی سطح کے ساتھ مس کرنے لگے ۔ ساتھ کے پیمانے کی مدد سے P_1 اور P_2 کے درمیان عمودی فاصلہ معلوم کرو ۔ یہ مطلوبہ دباؤ P_0 کے برابر ہے ۔

دوسری بار بلب A کو بھاپ میں رکھو ؛ جس کا ٹمپریچر t ہو اور اوپر کے عمل کو دھرا کر بھاپ کے ٹمپریچر t کے مقابلے میں دباؤ P_t معلوم کرو ۔

تیسری بار بلب A کو دیے ہوئے ہاتھ میں رکھو ، جس کا

ٹمپریچر x دریافت کرنا مطلوب ہو اور اوپر ہی کے عمل کو دہرا کر اس ٹمپریچر کے مقابل کا دباؤ P_x معلوم کرو۔ تب اگر گیس کے دباؤ کا معیار γ ہو تو

$$P_t = P_0(1+\gamma t)$$

یا $$1+\gamma t = \frac{P_t}{P_0}$$

یا $$\gamma t = \frac{P_t}{P_0} - 1 = \frac{P_t - P_0}{P_0}$$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{P_t - P_0}{P_0 t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

اسی طرح

$$P_x = P_0(1+\gamma x)$$

یا $$1+\gamma x = \frac{P_x}{P_0}$$

یا $$\gamma x = \frac{P_x}{P_0} - 1 = \frac{P_x - P_0}{P_0}$$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{P_x - P_0}{P_0 x} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

(i) اور (ii) سے

$$\frac{P_t - P_0}{P_0 t} = \frac{P_x - P_0}{P_0 x}$$

$$\therefore \quad x = \frac{P_x - P_0}{P_t - P_0}\, t$$

اس تجربے میں P_x ، P_t اور P_0 کی پیمائش تجربے سے کی جاتی ہے اور بھاپ کے ٹمپریچر t کو حساب لگا کر نکالا جاتا ہے۔ اس طرح x کی قیمت معلوم کی جا سکتی ہے۔

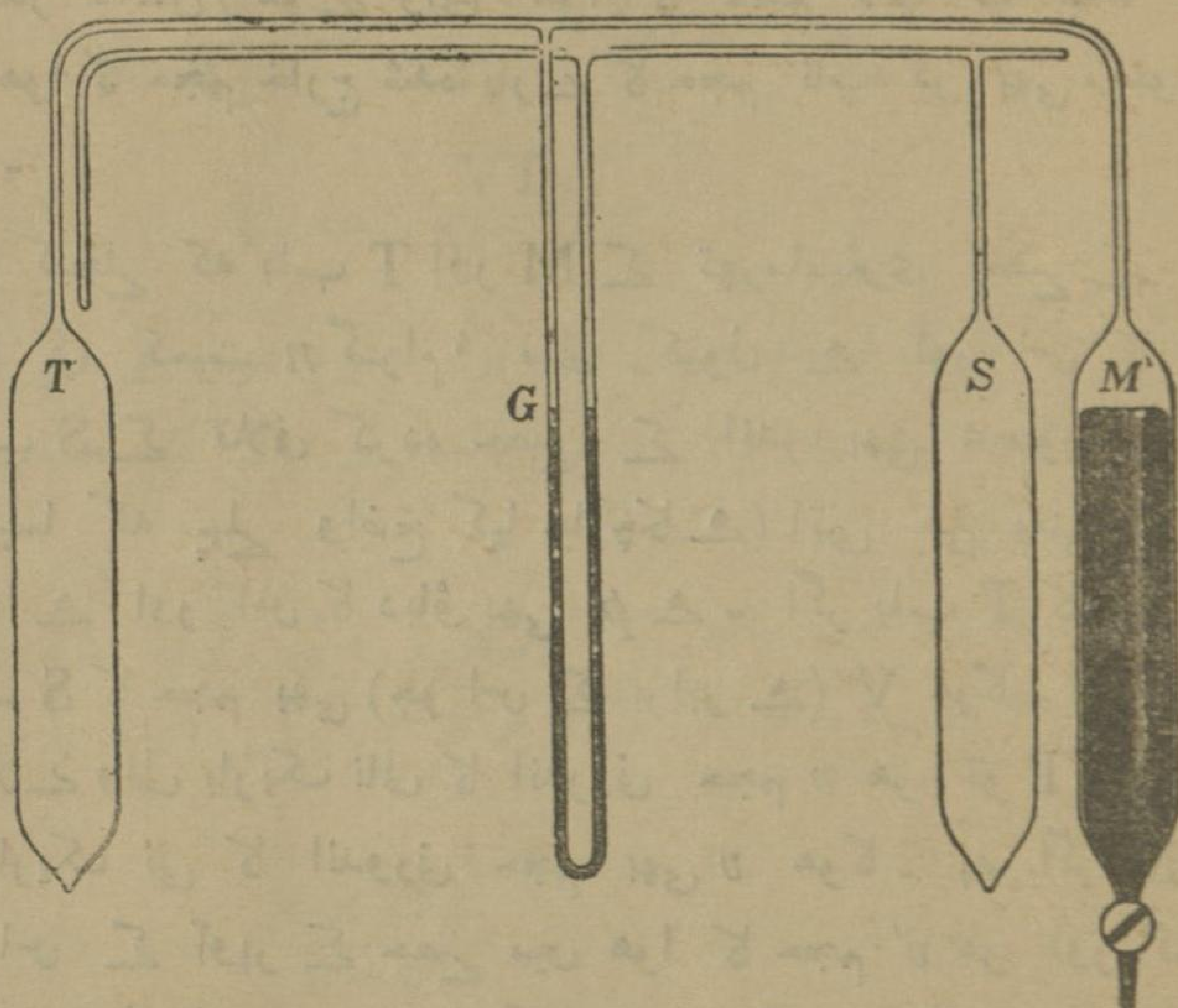
نوٹ : چونکہ اس تھرمامیٹر میں عموماً ہائیڈروجن گیس بھری

جاتی ہے ، اس لیے اسے **معیاری مستقل حجم ہائیڈروجن تھرمامیٹر** (Standard constant volume hydrogen thermometer) بھی کہتے ہیں -

کیلنڈر کا تلافی شدہ ہوائی تھرمامیٹر - یہ مستقل دباؤ کا ہوائی تھرمامیٹر ایک سائنس دان کیلنڈر (Callender) کی ایجاد ہے ، اور چونکہ اس میں اصل تھرمامیٹر کے بلب کے دباؤ کی تبدیلی کی تلافی کرنے اور اس طرح اس دباؤ کو ایک قیمت پر برقرار رکھنے کے لیے ایک اتنے ہی سائز کا اور بلب پہلے بلب کے ساتھ لگایا جاتا ہے ، اس لیے اس تھرمامیٹر کو **کیلنڈر کا تلافی شدہ ہوائی تھرمامیٹر** (Callender's compensated air thermometer) کہتے ہیں -

اس تھرمامیٹر میں T تھرمامیٹر کا بلب ہے جو ایک چوڑی اور لمبوتری نلی کی شکل کا ہے اور جس کے اندر ہوا بھری ہے - یہ بلب ایک باریک نلی کے ذریعے پارے کے بلب M کے ساتھ براہ راست ملا ہوا ہے - S ایک اور بلب ہے جو سائز میں تھرمامیٹر کے بلب T کے عین برابر ہے اور جو اس بلب T کے ساتھ باریک نلی کے ذریعے ایک مینومیٹر (Manometer) میں سے ملا ہوا ہے - اس مینومیٹر میں سلفیورک ایسڈ ڈالا گیا ہے ، جس کی سطح کا فرق (جو دونوں بازوؤں میں نمایاں ہوتا ہے) دباؤ کے اختلاف کو ظاہر کرتا ہے - تھرمامیٹر کو بناتے وقت تینوں بلبوں ، یعنی T ، S اور M کو پگھلتی ہوئی برف میں رکھا جاتا ہے - اس وقت تھرمامیٹر کا سلسلہ اس کی ایک باریک نلی کے کھلے منہ کے ذریعے کرۂ ہوائی کے ساتھ ملا ہوتا ہے اور اس وجہ سے تینوں بلبوں کے اندر کی ہوا کا دباؤ برابر ہوتا ہے ، اس حالت میں باریک نلی کے منہ کو سیل (Seal) کر کے بند کر دیا جاتا ہے اور تھرمامیٹر تیار ہو جاتا ہے - اس طرح کرۂ ہوائی کے دباؤ میں جو تبدیلیاں بعد میں ہوتی ہیں ، ان کا اثر تھرمامیٹر کے اندر کی محصور ہوا پر ہونے نہیں پاتا - علاوہ ازیں چونکہ T اور S کا حجم برابر ہوتا ہے اور اس خاص وقت میں وہ دونوں برف کے ٹمپریچر پر ہوتے ہیں اور دونوں باریک نلیاں کرۂ ہوائی کے ٹمپریچر پر ہوتی ہیں ،

اس لیے اس آلے کے دونوں حصوں میں (جن کو مینومیٹر جدا کیے ہوئے ہے) محصور ہوا کی کمیت بالکل برابر ہوتی ہے - ان دو حصوں میں سے بلب T اور M مل کر تھرمومیٹری حصہ (Thermometer part) بناتے ہیں اور بلب S (اپنی باریک نلی کے ساتھ) تلافی کردہ حصہ (Compensating part) بناتا ہے -



اس تھرمامیٹر سے عملی طور پر ٹمپریچر کی پیمائش کرنے کے لیے مندرجہ ذیل عمل کیے جاتے ہیں - بلب T کو اس باتھ (Bath) میں ڈبویا جاتا ہے جس کا ٹمپریچر T_1 (مطلق پیمانے میں) ناپنا مطلوب ہوتا ہے ، مگر بلب M اور S دونوں کو پگھلتی برف میں ، جس کا ٹمپریچر T_0 ہوتا ہے ، ڈبو کر رکھا جاتا ہے - جب بلب T کا ٹمپریچر بڑھ کو T_1 کو پہنچتا ہے تو اس کی ہوا پھیلتی ہے اور باریک نلی میں سے ہوتی ہوئی پارے کے بلب M میں داخل ہوتی ہے - اس حالت میں چونکہ T اور M میں محصور ہوا کا دباؤ S میں محصور ہوا کے دباؤ سے بڑھ جاتا ہے ، اس لیے ان کو ملانے والے مینومیٹر (Manometer) کے بازوؤں میں سلفیورک ایسڈ کی سطح برابر نہیں رہتی - اب بلب M

کی نیچے کی ٹونٹی کھول کر پارے کو تھوڑا تھوڑا کر کے باہر ایک پیالی میں گرایا جاتا ھے - یہاں تک کہ تھرمامیٹر کے دونوں حصوں میں دباؤ مساوی ہو جاتا ھے اور مینومیٹر میں سلفیورک ایسڈ کی سطح دونوں بازوؤں میں ایک ہو جاتی ھے - اس کے فوراً بعد بلب M کی ٹونٹی کو بند کر دیا جاتا ھے ، بلب M چونکہ درجہ دار ہوتا ھے ، اس لیے اس کے اندر داخل ہونے والی ہوا کا حجم ناپ لیا جاتا ھے - ویسے اس ہوا کا حجم خارج شدہ پارے کا حجم ناپ کر بھی معلوم کیا جا سکتا ھے -

فرض کیجئے کہ بلب T اور M کے تھرمامیٹری حصے کے اندر محصور ہوا کی کمیت n گرام[1] مالی کیول ھے اور اس کا دباؤ p ھے - بلب S کے تلافی کردہ حصے کے اندر بھی محصور ہوا کی کمیت (جیسا کہ پہلے واضح کیا جا چکا ھے) اتنی ھی یعنی n گرام مالی کیول ھے اور اس کا دباؤ بھی p ھے - اگر بلب T کا حجم V ہو تو بلب S کا حجم بھی (جو اس کے برابر ھے) V ہوگا - اگر T اور M کو ملانے والی باریک نالی کا اندرونی حجم v ہو تو T کے ساتھ لگی ہوئی باریک نلی کا اندورنی حجم بھی v ہوگا - پھر اگر M کے اندر یعنی اس کے اوپر کے حصے میں ہوا کا حجم v' ہو اور کمرے کا ٹمپریچر θ (مطلق) ہو جو باریک نلیوں کے اندر کی (v حجم کی) ہوا کا ھے تو T اور M کے تھرمامیٹری حصے پر گیسی مساوات کا اطلاق کرنے سے

$$p\ \left(\frac{V}{T_1}+\frac{v}{\theta}+\frac{v'}{T_0}\right) = n\,R\ldots\ldots\ldots\ (i)$$

اسی طرح بلب S کے تلافی شدہ حصے پر گیسی مساوات کا اطلاق کرنے سے

---

۱ - کسی گیس کے ایک گرام مالی کیول سے اس گیس کے اتنے گرام مراد ہوتے ھیں جو عددی طور پر اس گیس کے مالی کیولی وزن (Molecular weight) کے برابر ہوں -

$$p\left(\frac{V}{T_0}+\frac{v}{\theta}\right)=nR \;\ldots\ldots\ldots (ii)$$

(i) اور (ii) کا مقابلہ کرنے سے

$$\frac{V}{T_1}+\frac{v}{\theta}+\frac{v'}{T_0}=\frac{V}{T_0}+\frac{v}{\theta}$$

(یا) $$\frac{V}{T_1}=\frac{V}{T_0}-\frac{v'}{T_0}=\frac{V-v'}{T_0}$$

$$\therefore\ T_1=\frac{VT_0}{V-v'}$$

تھرمامیٹر میں V کی قیمت مستقل طور پر معلوم ہوتی ہے اس لیے جب v' کی قیمت تجربے سے معلوم کر لی جائے تو T_1 کی مطلوبہ قیمت نکالی جا سکتی ہے۔

اگر اس تجربے میں باتھ کا ٹمپریچر t سنٹی گریڈ ڈگریوں میں نکالنا مقصود ہو تو T_0 کو 273 کے برابر اور T_1 کو $t+273$ کے برابر لینے سے

$$273+t=\frac{V\times 273}{V-v'}$$

یا $$t=\frac{V\times 273}{V-v'}-273$$

$$=\frac{V\times 273-V\times 273+v'\times 273}{V-v'}$$

$$=\frac{v'\times 273}{V-v'}$$

$$\therefore\ t=\frac{273\,v'}{V-v'}$$

جب کہ t سنٹی گریڈ درجوں میں ہو۔

یہ تھرمامیٹر استعمال میں نسبتاً آسان ہے اور 600°C تک ٹمپریچر کی پیمائش کرنے میں پوری طرح قابل اعتماد ہے۔

علاوہ ازیں اس کے حسابی عمل بھی جن سے مطلوبہ ٹمپریچر کی قیمت نکلتی ہے ، کافی سادہ ہیں۔ کیلنڈر کا دعویٰ ہے کہ اس تھرمامیٹر سے پیمائش کردہ ٹمپریچر نہایت درجہ صحیح ہوتے ہیں۔

پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر (Platinum Resistance Thermometer) سب سے پہلا پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر ایک سائنس دان سیمن (Siemen) نے 1873 میں بنایا تھا لیکن اس تھرمامیٹر کی پیمائشیں بہت زیادہ قابل عتماد نہیں تھیں۔ 1887 کے لگ بھگ کیلنڈر (Callender) اور گرفتھ (Griffths) نے اس میں متعدد ترمیمیں کرکے اسے ایک اعلیٰ درجے کا صحیح تھرمامیٹر بنا دیا۔ یہی ترمیم شدہ مزاحمتی تھرمامیٹر آج کل مستعمل ہے۔

مزاحمتی تھرمامیٹر کا اصول ۔ مزاحمتی تھرمامیٹر اس اصول پر مبنی ہے کہ دھات کے ایک تار کی برقی مزاحمت (Electric resistance) ٹمپریچر کے ساتھ کافی یکسانیت کے ساتھ بڑھتی جاتی ہے۔ ابتدا میں تو سائنس دانوں نے جو چھان بین کی اس سے انھوں نے یہ نتیجہ نکالا کہ اگر ایک تار کی مزاحمت 0°C درجے پر R_0 ہو اور $t°c$ پر R_t ہوتو ان کا باھمی تعلق مندرجہ ذیل مساوات سے ظاہر ہے :

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

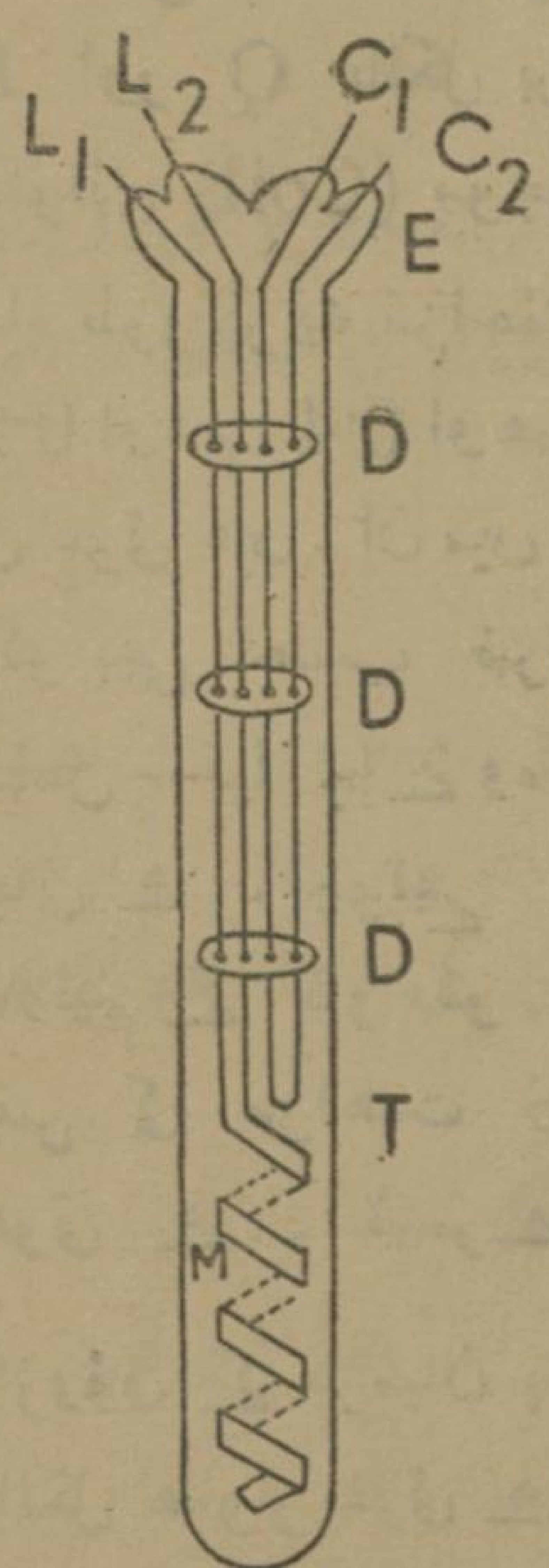
جب کہ α ایک مستقل ہے جس کی قیمت تار پر منحصر ہوتی ہے۔ لیکن بعد کی تحقیقات سے ثابت ہوا کہ یہ مساوات صرف محدود ٹمپریچروں کے درمیان اور وہ بھی تخمینی طور پر صادق آتی ہے۔ یہ کوئی کلی مساوات نہیں ہے۔ آخر کار کیلنڈر نے (جس کا نام اس تھرمامیٹر کے ضمن میں اوپر گزر چکا ہے) ثابت کیا کہ اگر مزاحمتی تار خالص پلاٹینم کا لیا جائے جس میں کسی اور شے ، مثلاً سلی کون یا کاربن وغیرہ کی آلائش نہ ہو تو 0°C پر اس کی مزاحمت R_0 اور $t°C$ پر اس

کی مزاحمت R_t کے درمیان تعلق تمام ٹمپریچروں کے لیے صحیح صحیح طور پر مندرجہ ذیل مساوات سے ظاہر ہوتا ہے

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$$

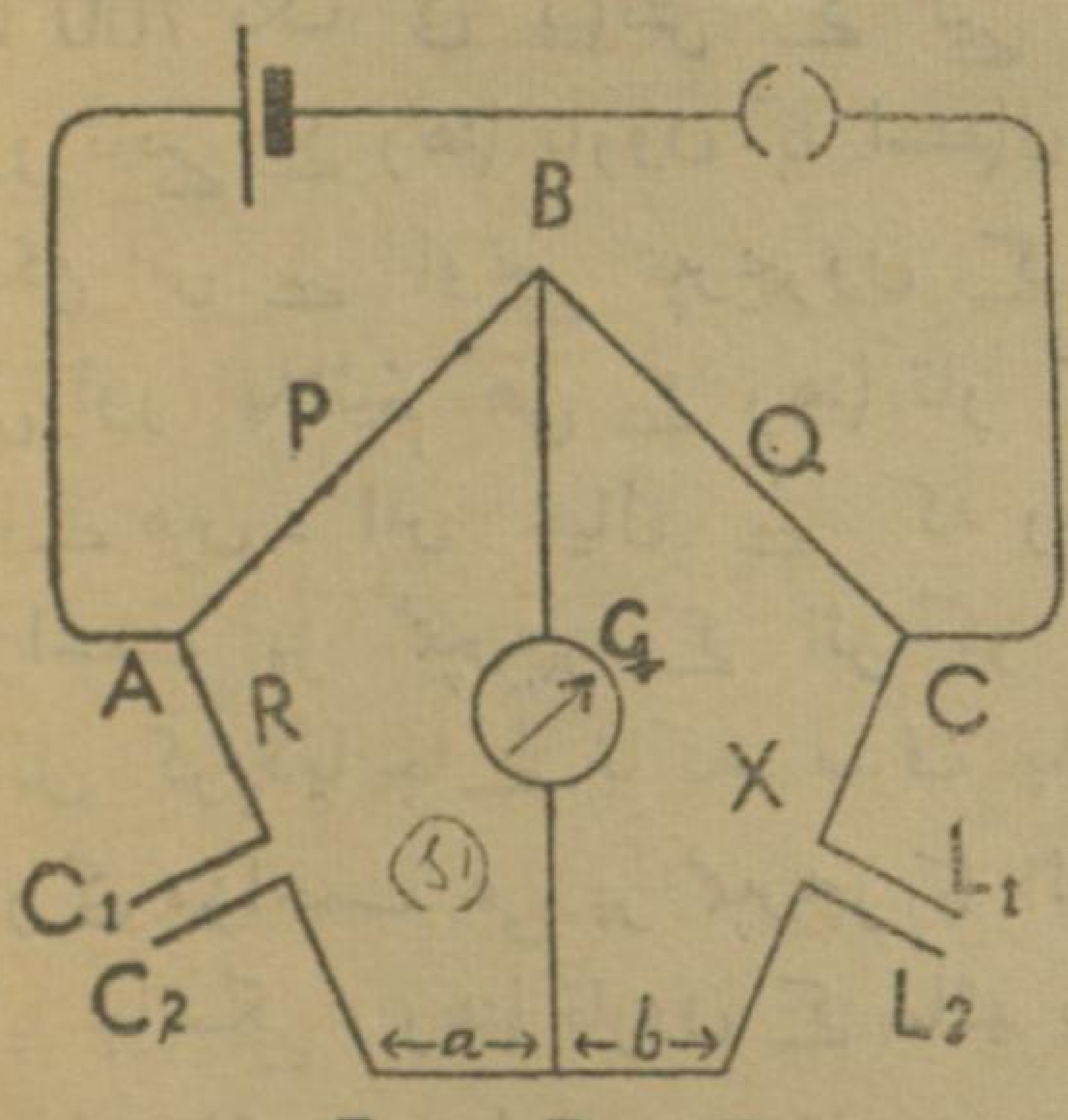
پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر میں صحیح صحیح ٹمپریچر ناپنے کے لیے اسی مساوات سے کام لیا جاتا ہے -

مزاحمتی تھرمامیٹر کی ساخت - خالص پلاٹینم کا تار دوھرا کرکے ابرق (Mica) کے ایک ٹکڑے M پر لپیٹ کر شیشے یا چینی کی نلی T میں داخل کیا جاتا ہے جس کے منہ میں آبنوس کا ایک کارک E لگا ہوتا ہے - پلاٹینم تار کے دونوں سروں کے ساتھ لمبے لمبے تار جنھیں رہنما تار (Lead wire) L_1 ، L_2 کہتے ہیں جوڑ دیے جاتے ہیں اور ان تاروں کے بیرونی سرے آبنوس کے کارک میں سے باہر نکلے ہوئے ہوتے ہیں - 700°C تک کی پیمائش کے لیے شیشے کی نلی اور تانبے کے رہنما تاروں کا استعمال کیا جاتا ہے لیکن اس سے اونچے ٹمپریچروں کے لیے چینی کی نلی اور پلاٹینم ہی کے رہنما تار کام میں لائے جاتے ہیں - اس خیال سے کہ رہنما تاروں کی مزاحمت پر ٹمپریچر کے اثر کو عملی طور پر زائل کر دیا جائے تاکہ صرف پلاٹینم کے اصلی تار کی مزاحمت ہی پر ٹمپریچر کا اثر حساب میں لایا جا سکے ، رہنما تاروں کے ساتھ بالکل اسی طرح کے اور اتنے ہی لمبے دو تار جو نیچے سے ملے ہوتے ہیں نلی کے اندر داخل کیے جاتے ہیں - انہیں تلافی کن تار (Compensating leads) کہتے ہیں - ان تلافی کن تاروں کے دو سرے C_1 ، C_2 بھی نلی کے اوپر کے آبنوسی کارک سے باہر نکلے ہوئے ہوتے ہیں - ان چاروں تاروں کو الگ الگ رکھنے کے لیے نلی کے اندر تھوڑے تھوڑے فاصلے پر ابرک کے قرص D, D جڑے ہوئے



ہوتے ہیں اور یہ تار ان کے قرصوں کے علیحدہ علیحدہ سوراخوں میں سے گزر رہے ہوتے ہیں ۔ تھرمامیٹر کی نلی کو حسب ضرورت خاص خاص ٹمپریچر کے باتھ (Bath) میں رکھا جاتا ہے اور ان ٹمپریچروں پر پلاٹینم کے تاروں کی برقی مزاحمت معلوم کی جاتی ہے اس مقصد کے لیے ویٹ سٹون برج (Wheatstone bridge) کے ایک ترمیم یافتہ آلے سے کام لیا جاتا ہے جو اپنے موجدوں کیلنڈر اور گرفتھ کے نام پر کیلنڈر اور گرفتھ برج (Callender and Grifth's bridge) کہلاتا ہے۔

چونکہ اس تجربے میں پلاٹینم کے تار کی مزاحمت نہایت صحیح صحیح ناپنی ضروری ہوتی ہے اس لیے اس خاص برج میں ایسا انتظام کیا ہوتا ہے جس سے یہ مزاحمت 0·001 اوہم تک صحیح معلوم کی جا سکتی ہے ۔ اس برج کے دو بازوؤں AB اور BC میں مزاحمتیں P اور Q بالکل برابر رکھی جاتی ہیں ۔ تیسرے بازو AE میں ایسے کوائل (Coil) موجود ہوتے ہیں جن کی مزاحمتیں معلوم ہوتی ہیں ۔



عام طور پر یہ مزاحمتیں 0·1 اوہم، 0·2 اوہم، 0·4 اوہم اور 0·8 اوہم کی ہوتی ہیں ۔ ان میں سے جس مزاحمت کو بھی حسب ضرورت برج میں شامل کیا جائے وہ R مزاحمت بن جاتی ہے ۔ چوتھے بازو FC میں پلاٹینم کے تار کو جوڑا جاتا ہے جس کی مزاحمت S ناپنی مقصود ہوتی ہے ۔ تیسرے اور چوتھے بازوؤں کے درمیان پلاٹینم کا ایک تار EF جس کی موٹائی اور مزاحمت بالکل ہموار ہوتی ہے، جوڑ دیا جاتا ہے ۔ اس کی مزاحمت K اوہم فی سنٹی میٹر پہلے سے معلوم ہوتی ہے ۔ چونکہ چوتھے بازو میں مطلوبہ مزاحمت S کے ساتھ رہنما تاروں کی مزاحمت r بھی شامل ہوتی ہے اس لیے تیسرے بازو میں تلافی کن تار کو جوڑ کر اس کی مزاحمت کو جو رہنما تاروں کی مزاحمت کے برابر ہونے کے باعث r ہی ہوتی ہے،

معلوم مزاحمت R کے ساتھ شامل کر دیا جاتا ہے ۔ A اور C کے درمیان بیٹری یا سیل کو اور B اور D کے درمیان گیلوانومیٹر کو جوڑا جاتا ہے ۔ گیلوانومیٹر کے دوسرے تار کے سرے کو جو کھلا رہتا ہے ، تار EF پر پھرا کر ایسے مقام D پر لایا جاتا ہے جس سے گیلوانومیٹر کی سوئی صفر پر آ جاتی ہے ، تب ویٹ سٹون برج کے اصول کے مطابق

$$\frac{P}{Q}=\frac{\text{مزاحمت AED}}{\text{مزاحمت CFD}}$$

چونکہ P اور Q برابر ہیں اور $\frac{P}{Q}$ کی قیمت 1 ہے ۔ اس لیے

$$\text{مزاحمت CFD} = \text{مزاحمت AED}$$

مزاحمت AED تین مزاحمتوں پر منحصر ہے

کوائل کی مزاحمت R ، تلافی کن تاروں کی مزاحمت r اور ED تار کی مزاحمت جو ak کے برابر ہے ، جب کہ ED کی لمبائی a ہو اور EDF تار کی مزاحمت k فی سنٹی میٹر ہو ۔

$$\therefore \quad \text{مزاحمت AED} = R+r+ak$$

اسی طرح مزاحمت CFD تین مزاحمتوں پر منحصر ہے ۔ مطلوبہ مزاحمت x ، رہنما تاروں کی مزاحمت r اور FD تار کی مزاحمت جو bk کے برابر ہے جب کہ FD کی لمبائی b ہو اور EDF تار کی مزاحمت k فی سنٹی میٹر ہو

$$\therefore \quad \text{مزاحمت CFD} = x+r+bk$$

چونکہ مزاحمت AED اور مزاحمت CFD دونوں برابر ہیں اس لیے

$$x+r+bk=R+r+ak$$

$$\text{یا} \quad x=R+ak-bk$$

$$\therefore \quad x=R+(a-b)k$$

اس طرح x کی قیمت معلوم ہو جاتی ہے ۔

دیے ہوئے باتھ کا ٹمپریچر معلوم کرنا ۔ فرض کیجیے کہ ہمیں ایک دیے ہوئے باتھ (Bath) کا ٹمپریچر t معلوم کرنا ہے ۔ اس مقصد کے لیے مزاحمتی تھرمامیٹر کے تار کو پہلے پگھلتی برف میں جس کا ٹمپریچر 0°C ہے ، رکھ کر اوپر کے طریقے سے اس کی مزاحمت R_0 معلوم کرو ۔ پھر اسے بھاپ میں جس کا ٹمپریچر 100 ہے رکھ کر اس کی مزاحمت R_{100} معلوم کرو ۔ اور آخر میں اسے دیے ہوئے باتھ میں رکھ کر جس کا ٹمپریچر t ہے اس کی مزاحمت R_t معلوم کرو ۔ اس سے پہلے بیان کیا جا چکا ہے کہ کسی ٹمپریچر پر مزاحمت R_t اور 0°C پر مزاحمت R_0 کے درمیان تعلق مندرجہ ذیل کلیے سے ظاہر ہے

$$R_t = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$$

اس کلیے سے t معلوم کرنے کا عمل کافی پیچیدہ ہے اس لیے ہم آسانی کے لیے اس کے بجائے مندرجہ ذیل کلیے کا استعمال کرتے ہیں

$$R_t = R_0\ (1 + \alpha t)$$

مگر اس کے ساتھ ہی یہ بھی یاد رکھنا چاہیے کہ اس تخمینی کلیے کے مطابق نکالنے سے جو ٹمپریچر نکلے گا وہ مکمل کلیے کے مطابق نکلنے والے ٹمپریچر کے عین برابر نہیں ہوگا بلکہ ان دونوں کے درمیان کچھ فرق δ ہو گا ۔ اس پہلے یعنی تخمینی کلیے کے مطابق نکالے ہوئے ٹمپریچر کو اگر ہم t' قرار دیں اور اصلی یعنی مکمل کلیے کے مطابق نکلنے والے ٹمپریچر کو t لکھیں تو

$$t - t' = \delta$$

چونکہ تخمینی کلیے $R_t = R_0\ (1 + \alpha t)$ کے اطلاق سے t' کی قیمت نکالنا بہت آسان ہے اس لیے ہمارا کام یہ ہو گا کہ پہلے t' کی قیمت اور پھر δ کی قیمت لکالی جائے اس کے بعد t کی مطلوبہ قیمت معلوم ہوجائے گی

t' کی قیمت نکالنے کے لیے کلیہ

$R_t = R_0(1 + \alpha t)$ کے مطابق

$$R_{100} = R_0(1 + \alpha \times 100)$$

یا $$1+100\alpha=\frac{R_{100}}{R_0}$$

یا $$100\alpha=\frac{R_{100}}{R_0}-1=\frac{R_{100}-R_0}{R_0}$$

$\therefore$ $$\alpha=\frac{R_{100}-R_0}{R_0\times 100}\;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

اسی طرح

$$R_t=R_0(1+\alpha t')$$

یا $$1+\alpha t'=\frac{R_t}{R_0}$$

یا $$\alpha t'=\frac{R_t}{R_0}-1=\frac{R_t-R_0}{R_0}$$

$\therefore$ $$\alpha=\frac{R_t-R_0}{R_0 t'}\;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

(i) اور (ii) کا مقابلہ کرنے سے

$$\frac{R_{100}-R_0}{R_0\times 100}=\frac{R_t-R_0}{R_0 t'}$$

یا $$\frac{R_{100}-R_0}{100}=\frac{R_t-R_0}{t'}$$

$\therefore$ $$t'=\frac{R_t-R_0}{R_{100}-R_0}\times 100$$

چونکہ R_t ، R_{100} اور R_0 تجربے سے معلوم کیے جا چکے ہیں اس لیے t' کی قیمت اوپر کے کلیے سے نکالی جا سکتی ہے - مگر چونکہ باتھ کا اصلی مطلوبہ ٹمپریچر t ہے اور

$$t=t'+\delta$$

اس لیے اگر ہمیں δ کی قیمت معلوم ہو جائے تو ہم t کی قیمت دریافت کر سکتے ہیں ۔ کیلنڈر نے ثابت کیا ہے کہ ایک خاص پلاٹینم

تار کے لیے اور اس وجہ سے ایک خاص پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر کے لیے δ کی قیمت نکالنے کے لیے ذیل کا تجربہ کیا جا سکتا ہے۔ پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر کو ابلتی ہوئی گندھک میں رکھ کر اس کی مزاحمت R'' معلوم کرو، تب تخمینی کلیے کے مطابق اگر گندھک کا نقطۂ جوش t'' ہو تو

$$t''=\frac{R''-R_0}{R_{100}-R_0}\times 100$$

جب اس طرح سے t'' کی قیمت نکال لی جائے تو چونکہ ہمیں معلوم ہے کہ گندھک کا اصلی نقطۂ جوش $444{\cdot}6°C$ ہے، اس لیے

$$444{\cdot}6-t''=\delta$$

اس سے δ کی قیمت معلوم ہوجائے گی۔ یہ قیمت صرف ایک بار ہی تجربہ کر کے نکال لینی کافی ہے بلکہ عموماً اس کو تجربے سے نکالنے کی ضرورت ہی نہیں پڑتی کیونکہ آله ساز ہر مزاحمتی تھرمامیٹر کے لیے δ کی قیمت خود نکالتے ہیں اور پھر اس تھرمامیٹر پر یہ قیمت لکھ دیتے ہیں۔

پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر سے ٹمپریچر معلوم کرنے کا زیادہ آسان طریقہ۔ پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر کے لیے اگر δ پہلے سے معلوم ہو پھر بھی اس کے ذریعے کسی باتھ کے اصلی ٹمپریچر t کو نکالنے کا مذکورہ بالا طریقہ کافی صبر آزما ہے کیونکہ اس میں R_t کے ساتھ R_0 اور R_{100} بھی معلوم کرنے پڑتے اور پھر لمبے چوڑے عمل کر کے پہلے t' اور پھر t کی قیمت نکالی جاتی ہے اس لیے جدید مزاحمتی تھرمامیٹروں کے ساتھ یہ پیچیدہ طریقہ برتا نہیں جاتا۔ بلکہ آله ساز ہر پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر کے ساتھ ایک چارٹ مہیا کرتے ہیں۔ اس کے ایک خانے میں مزاحمت R_t کی مختلف قیمتیں لکھی ہوتی ہیں اور دوسرے خانے میں اس مزاحمت کے مقابل ٹمپریچر t کی قیمتیں درج ہوتی ہیں۔ اس کے بعد کسی باتھ کا ٹمپریچر معلوم کرنے کے لیے صرف یہی عمل باقی رہ جاتا ہے کہ تھرمامیٹر کو اس باتھ میں رکھ کر مزاحمت R_t کی قیمت دریافت کی جائے اور پھر چارٹ پر اس مزاحمت کے مقابلے کا ٹمپریچر پڑھ لیا جائے۔

پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر کی خوبیاں اور خامیاں - پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر میں مندرجہ ذیل خوبیاں اور خامیاں پائی جاتی ھیں :

خوبیاں : ۱ - اس تھرمامیٹر کا استعمال آسان ھے -

۲ - اس سے بہت بڑی بڑی حدود مثلاً 200°C− سے لے کر 1200°C تک کے ٹمپریچر ناپے جا سکتے ھیں -

۳ - اگر تھرمامیٹر کو اعلیٰ اہتمام سے بنایا گیا ھو اور اسے پوری احتیاط سے استعمال کیا جائے تو اس تھرمامیٹر سے 500°C درجے تک کے ٹمپریچر 0·01°C تک صحیح صحیح ناپے جا سکتے ھیں اور 500°C سے 1200°C تک کے ٹمپریچروں کی پیمائش 0·1°C تک صحیح صحیح کی جا سکتی ھے - اس سے اندازہ ھو سکتا ھے کہ ایک مزاحمتی تھرمامیٹر کس درجے کا حساس اور صحیح ھوتا ھے -

۴ - مزاحمتی تھرمامیٹر میں خالص پلاٹینم کا جو تار استعمال ھوتا ھے اس کی مزاحمت کسی خاص ٹمپریچر پر جو ایک بار نکلے وھی ھر بار نکلتی ھے اس کا مطلب یہ ھے کہ اس تھرمامیٹر میں صفر کی تبدیلی جیسی کوئی غلطی نہیں پائی جاتی -

۵ - صحت کے لحاظ سے یہ تھرمامیٹر ایک گیس تھرمامیٹر کے ھم پلہ ھے لیکن سائز میں یہ اس سے بہت چھوٹا ھوتا ھے -

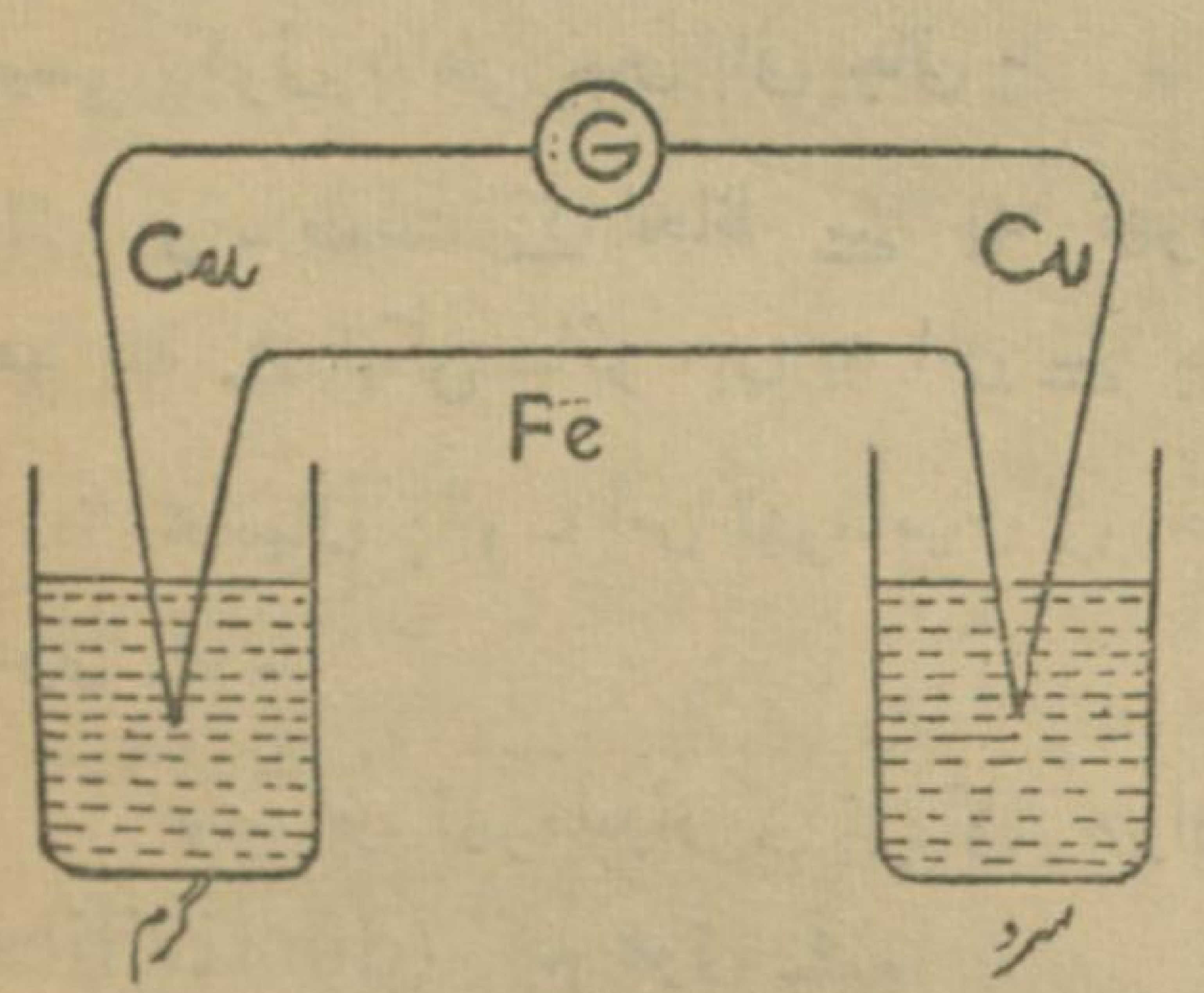
خامیاں : ۱ - اس تھرمامیٹر کی حرارتی گنجائش بہت بڑھی ھوئی ھوتی ھے -

۲ - اس تھرمامیٹر کی نلی کی حرارتی ایصالیت (Thermal con-ductivities) کم ھوتی ھے -

ان دونوں خامیوں کی وجہ سے اس تھرمامیٹر کو کسی جسم کا ٹمپریچر اختیار کرنے کے لیے بہت دیر لگ جاتی ھے - علاوہ ازیں اس کے برج کو متوازن کرنے میں بھی کافی وقت لگ جاتا ھے - ان دونوں وجوہ سے یہ تھرمامیٹر جلد جلد تبدیل ھونے والے ٹمپریچر کی پیمائش کے لیے موزوں نہیں ھوتا -

حرارتی برقی تھرما میٹر (Thermo-electric thermometer)-
1821ع میں جب سی بیک (Seebeck) نے حرارتی برقی اثر کو جس کی تفصیل آگے آئے گی ، دریافت کیا تو اس کی بنا پر ایک تھرمامیٹر بنانے کا خیال متعدد سائنس دانوں کو پیدا ہو گیا تھا - چنانچہ رینو (Regnault) ، بیکرل (Becqueral) اور ٹیٹ (Tait) اور بعض دیگر سائنس دانوں نے اس خیال کو عملی جامہ پہنا کر ایسے تھرمامیٹر بنائے - بیسویں صدی میں اس تھرمامیٹر میں متعدد اصلاحیں کی گئیں اور اب اس کا شمار اعلیٰ پائے کے تھرمامیٹروں میں ہوتا ہے -

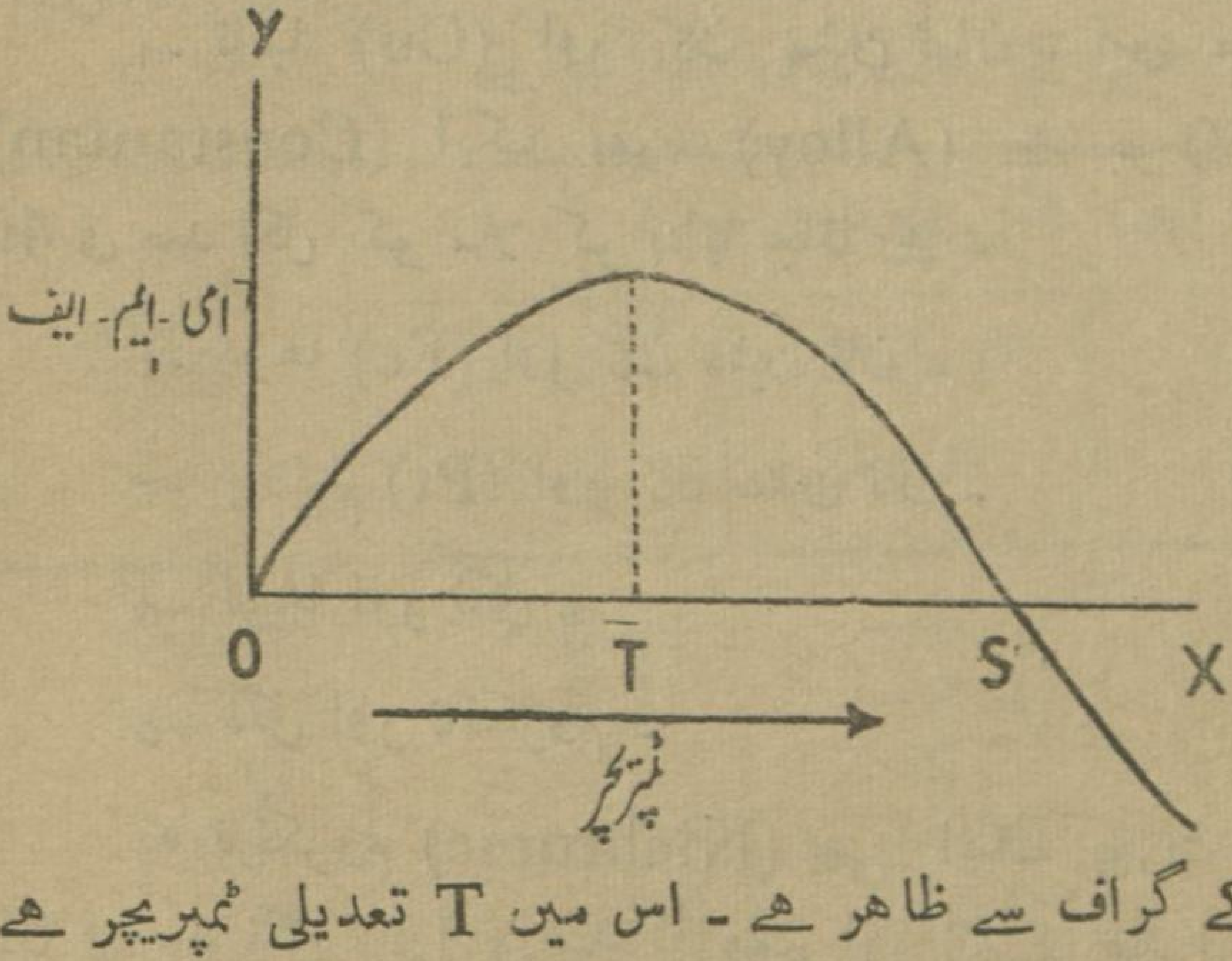
حرارتی برقی تھرمامیٹر کا اصول - اگر دو مختلف دھاتوں (مثلاً لوہے اور تانبے) کے تاروں کو ان کے سروں سے ملا کر ٹانکے سے جوڑ دیا جائے اور اس طرح ان کا ایک سرکٹ بنا دیا جائے، پھر ان کے ایک جوڑ کو تو عام ٹمپریچر پر ٹھنڈا رکھا جائے مگر دوسرے جوڑ کو گرم کیا جائے تو اس سرکٹ میں ایک برقی رو چلنے لگتی ہے اور اس وجہ سے اس میں ایک برق زا قوت (Electromotive force) پیدا ہو جاتی ہے -



اس کا نتیجہ یہ ہے کہ اگر اس سرکٹ میں ایک گیلوانومیٹر (Galvanometer) لگا دیا جائے تو اس کی سوئی ایک طرف کو پھر جاتی ہے ، یعنی دوسرے لفظوں میں اس سوئی میں انصراف (Deflection) پیدا ہو جاتا ہے - اس مظہر کو سب سے پہلے ایک سائنس دان سی بیک (Seebeck) نے دریافت کیا تھا اس لیے اس کو سی بیک اثر (Seebeck effect) کہتے ہیں - اس تجربے میں مختلف دھاتوں کے جو دو تار مل کر سرکٹ بناتے ہیں انہیں حرارتی برقی جفتے (Thermal-electric couple) کا نام دیا گیا ہے - اور مذکورہ بالا اثر سے جو برقی رو اور جو

ای - ایم - ایف (.E.M.F) اس سرکٹ میں پیدا ہو جاتی ہے، وہ حرارتی برق رو (Thermo-electric current) اور حرارتی برق ای - ایم - ایف (.Thermo-electric e.m.f) کہلاتی ہے -

جب کسی حرارتی برقی حصے میں ٹھنڈے جوڑ کو تو ایک خاص ٹمپریچر پر برقرار رکھا جائے مگر گرم جوڑ کے ٹمپریچر کو بتدریج بڑھنے دیا جائے تو سرکٹ میں پیدا ہونے والی برق زا قوت (electro-motive force) یعنی ای - ایم - ایف (.e.m.f) کی قیمت بھی بڑھتی جاتی ہے - دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ حرارتی برقی جفتے کے سرد اور گرم دونوں جوڑوں میں ٹمپریچر کا فرق جتنا زیادہ ہو اتنی ہی اس میں ای - ایم - ایف زیادہ پیدا ہوتی ہے - البتہ اس کی ایک خاص حد بھی ہے - چنانچہ جب گرم جوڑ کا ٹمپریچر اس حد کو پہنچ جائے تو اس کے ساتھ ہی ای ایم ایف کی قیمت بھی اپنی زیادہ سے زیادہ حد کو پہنچ جاتی ہے - لیکن اگر ٹمپریچر کو اس حد سے بڑھنے دیا جائے تو پھر ای - ایم - ایف بڑھنے کی بجائے گھٹنے لگتی ہے - یہ ٹمپریچر جس پر ای - ایم - ایف کی قیمت سب سے زیادہ ہوتی ہے اور جس سے اوپر ای-ایم-ایف کم ہونے لگتی ہے، تعدیلی ٹمپریچر (Neutral temperature) کہلاتا ہے - ٹمپریچر کے ساتھ ای - ایم - ایف



کی یہ تعدیلی اوپر کے گراف سے ظاہر ہے - اس میں T تعدیلی ٹمپریچر ہے جس پر جا کر ای - ایم - ایف اپنی انتہائی قیمت کو پہنچ جاتی ہے اور جب ٹمپریچر T سے بڑھنے لگے تو ای - ایم - ایف گھٹنے لگتی ہے - دھاتوں کے مختلف جوڑوں کے لیے یہ تعدیلی ٹمپریچر (Neutral

(temperature) مختلف ہوتا ہے مگر ایک خاص جوڑے کے لیے اس کی قیمت برقرار رہتی ہے اور سرد جوڑ کے ٹمپریچر پر اس کا انحصار نہیں ہوتا۔ جب کسی حرارتی برقی جفتے سے تھرمامیٹر کا کام لیا جائے تو اس بات کا اہتمام ضروری ہوتا ہے کہ اس کے گرم جوڑ کی قیمت تعدیلی ٹمپریچر سے نیچی رہے۔ اس ٹمپریچر سے اُسے کسی طور بھی بڑھنے نہ دیا جائے۔

مذکورہ بالا حرارتی برقی اثر کے متعلق یہ بھی جاننا چاہیے کہ اگر کسی حرارتی برقی جفتے کے ایک جوڑ کو تو ایک خاص ٹمپریچر پر مثلاً 0°C پر برقرار رکھا جائے مگر دوسرے جوڑ کے ٹمپریچر کو 0°C سے نیچے گرایا جائے تو بھی اس کے سرکٹ میں ای۔ ایم۔ ایف پیدا ہو جاتی ہے مگر اس کی سمت اُلٹی ہوتی ہے اور اس وجہ سے اس کو منفی ای۔ ایم۔ ایف کہا جاتا ہے۔

حرارتی برقی تھرمامیٹروں میں دھاتوں کے جو مختلف جوڑے عملی طور پر استعمال کیے جاتے ہیں اُن میں سے زیادہ مشہور یہ ہیں:

۱۔ تانبا (Cu) اور کان سٹین ٹان۔ اس میں کان سٹین ٹان (Constantan) ایک بھرت (Alloy) ہے جو 60 فی صد تانبے اور 40 فی صد نکل کو ملا کر بنایا جاتا ہے۔

۲۔ لوہا (Fe) اور کان سٹین ٹان۔

۳۔ پلاٹینم (Pt) اور کان سٹین ٹان۔

۴۔ لوہا اور نکل۔

۵۔ نکل اور نائکروم۔

یہ نائکروم (Nichrome) بھی ایک بھرت ہے جس میں قریباً 62 فی صد نکل، 15 فی صد کرومیم اور 23 فی صد لوہا ہوتا ہے۔

۶۔ تانبا اور پلاٹینم۔

۷۔ پلاٹیم اور پلاٹینم روڈیم۔

پلاٹینم روڈیم ان دونوں دھاتوں یعنی پلاٹینم اور روڈیئم (Rhodium) کا بھرت ھوتا ھے اور انھیں باھم ملا کر بنایا جاتا ھے -

۸- ایریڈیئم (Iridium) اور ایریڈیئم روبیڈیئم -

ای ریڈیئم روبی ڈیئم (Iredium - rubidium) ان دونوں دھاتوں کا ایک بھرت (alloy) ھے -

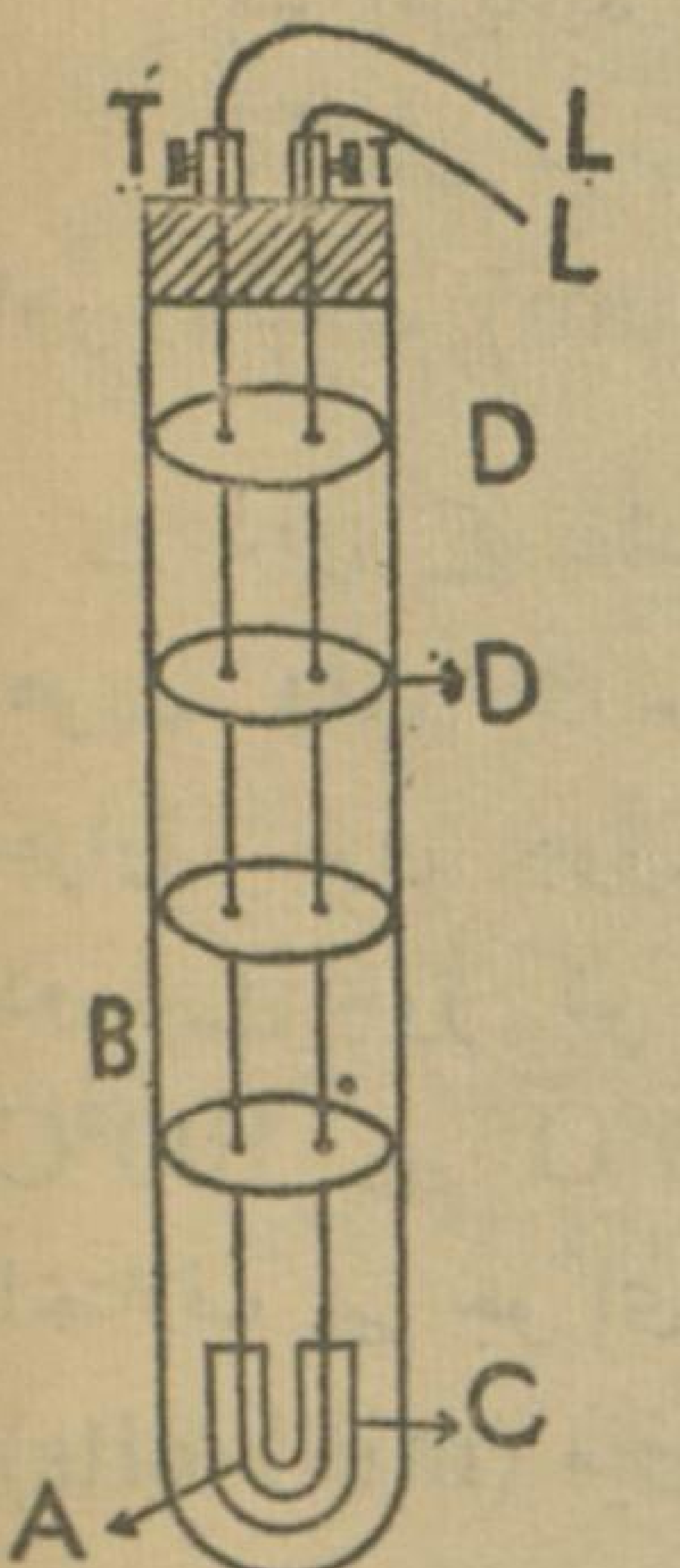
۹- ایریڈیئم اور ٹنگسٹن مولبڈینم -

ٹنگسٹن مولبڈینم ان دونوں دھاتوں یعنی ٹنگٹس (Tungsten) اور مولبڈینم (Molybdenum) کا بھرت ھے -

ذیل کے نقشے میں ان میں سے بعض حرارتی برق جفتوں میں پیدا ھونے والی ای - ایم - ایف کی کیفیت بیان کی گئی ھے - اس میں ھر حرارتی برق جوڑے کا ایک جوڑ 0°C پر برقرار رکھا گیا ھے مگر دوسرے جوڑ کو کبھی 100°C – سے 200°C – تک ٹھنڈا اور کبھی 100°C سے 1600°C تک گرم کیا گیا ھے اور ٹمپریچر کے اس اختلاف سے جو ای - ایم - ایف پیدا ھوتی ھے اس کا اندراج ملی وولٹوں (millivolts) میں ھر جفتے کے خانے میں کیا گیا ھے -

ٹمپریچر 0°C	ای - ام - ایف (ملی وولٹوں میں)			
	تانبا اور کانسٹنٹن	لوھا اور کانسٹنٹن	تانبا اور پلاٹینم	پلاٹینم اور پلاٹینم روڈیم
−200	−5.54	−8.27	−0.19	—
−100	−3.35	−4.82	−0.37	—
0	0	0	0	0
100	+4.28	+5.40	+0.76	.642
200	+9.28	+10.99	+1.83	1.45
400	+20.86	+22.07	+4.68	3.25
600	—	+33.27	+8.34	5.22
1000	—	+58.22	+18.20	9.57
1600	—	—	—	16.67

حرارتی برقی تھرمامیٹر کی ساخت - دو مختلف دھاتوں کے تار لے کر اُن کے ایک ایک سرے A کو آپس میں برقی ٹانکے یعنی ویلڈنگ کے ذریعے جوڑ دیا جاتا ھے اور پھر اُسے چینی یا کوارٹز (Quartz) یا سخت شیشے کی نلی B کے اندر داخل کر دیا جاتا ھے۔ تاروں کے اس حصے کو جو اس (گرم) جوڑ کے قریب ھوتا ھے شیشے یا روغنی مٹی کی باریک نلیوں C میں بند کرکے محجوز (Insulated) کر دیا جاتا ھے - دونوں تار ابرک کے قرصوں D میں سے گزارے جاتے ھیں جو تھوڑے تھوڑے فاصلے پر نلی میں جڑے ھوتے ھیں - آخر میں یہ تار نلی کے منہ میں لگے ھوئے کاک میں سے گزرتے ھیں جہاں اُن کے ساتھ پیچ T لگے ھوتے ھیں -



ان پیچوں کے ساتھ لمبے تار پیوست ھوتے ھیں جو اپنے اگلے سروں پر باھم مل کر ٹھنڈا جوڑ بناتے ھیں - یہ ٹھنڈا جوڑ عموماً پگھلتی برف میں ڈبو کر رکھا جاتا ھے اور اس لیے 0°C پر ھوتا ھے - اس تھرمامیٹر میں دھات کے جن تاروں کو ملا کر حرارتی برقی جفتہ (Thermoelectric couple) بنایا جاتا ھے ان کی نوعیت اس ٹمپریچر پر منحصر ھوتی ھے جسے اس تھرمامیٹر سے ناپنا مقصود ھوتا ھے - قریباً 300°C تک کے ٹمپریچر کے لیے تانبا اور کانسٹنٹن (Constantan) یا لوھا اور کانسٹنٹن (Constantan) بہت موزوں رھتے ھیں - مگر اُونچے ٹمپریچر پر ان دھاتوں کے تکسید (Oxidise) ھو جانے کا اندیشہ ھوتا ھے اس لیے 300°C سے اُوپر ان کا استعمال نہیں کیا جاتا - لوھا اور نکل 600°C تک اور نکل اور نائکروم (Nichrome) 1000°C تک کام میں لائے جا سکتے ھیں - اس سے اُوپر 1600°C تک پلاٹینم اور پلاٹینم روڈیئم کو استعمال کیا جاتا ھے - علاوہ ازیں ایریڈیم (Iridium) کے ساتھ ایریڈیم روبیڈیم (Iridium - rubidium) 1600°C سے 2000°C

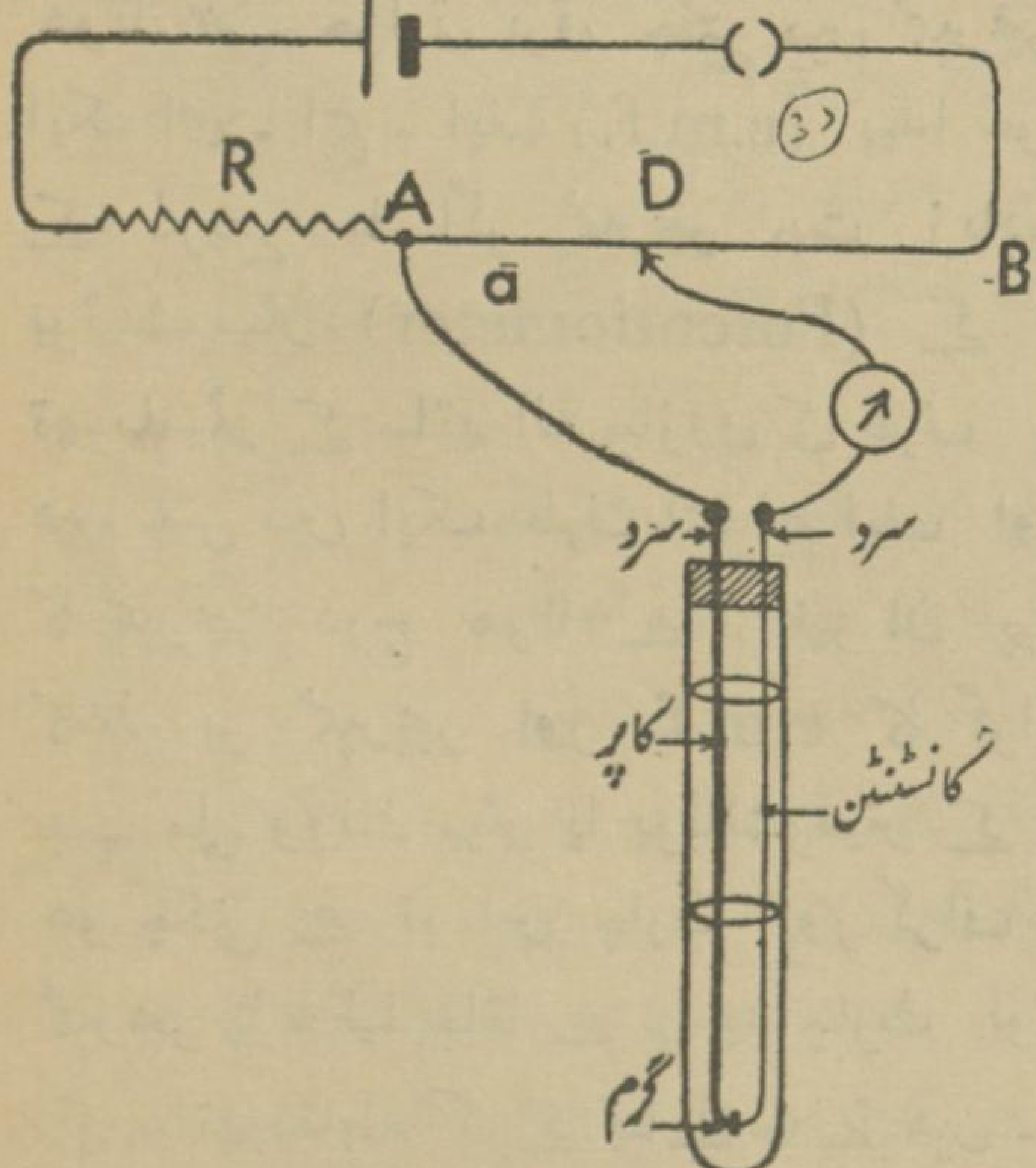
تک اور ٹنگسٹن مولبڈینم (Tungsten-molybdenum) 2000°C سے 3000°C تک استعمال کیے جا سکتے ھیں ۔

حرارتی برقی تھرمامیٹر کا استعمال ۔ جب حرارتی برقی تھرمامیٹر سے کسی باتھ (Bath) یا بھٹی کا ٹمپریچر ناپنا ھو تو اس کے گرم جوڑ کو اس کی نلی سمیت اس باتھ یا بھٹی میں داخل کر دیا جاتا ھے جہاں وہ باتھ یا بھٹی کا مطلوبہ ٹمپریچر اختیار کر لیتا ھے ۔ ٹھنڈا جوڑ حسب دستور پگھلتی برف میں ڈوبا ھوا اور اس لیے 0°C پر ھوتا ھے ۔ حرارتی برقی جفتے میں ٹمپریچر کے اس فرق کے باعث اس میں ایک ای ۔ ایم ۔ ایف (e.m.f.) پیدا ھو جاتی ھے جس کو ملی وولٹ میٹر کے ذریعے یا اگر ٹمپریچر بہت زیادہ صحیح صحیح درکار ھو تو پوٹینشومیٹر (Potentiometer) کے ذریعے ناپ لیا جاتا ھے ۔ ھر تھرمامیٹر کے ساتھ آلہ سازوں کی طرف سے ایسے چارٹ مہیا کیے جاتے ھیں جس میں ایک طرف ای ایم ایف اور دوسری طرف اس کے مقابل کا ٹمپریچر درج ھوتا ھے ۔ نیز ان پیمائشوں کی بنا پر ایک علیحدہ کاغذ پر ٹمپریچر اور e.m.f. کا گراف بھی بنا ھوتا ھے ۔ چنانچہ جب ملی وولٹ میٹر یا پوٹانشومیٹر کے ذریعے ای ۔ ایم ۔ ایف کی پیمائش ھو چکتی ھے تو اس چارٹ اور گراف کی مدد سے اس کے مقابل کا ٹمپریچر پڑھ لیا جاتا ھے ۔ یہ چارٹ اور گراف معیاری گیس تھرمامیٹر کے ساتھ مقابلہ کرکے بنائے جاتے ھیں ۔

بعض حرارتی برقی تھرمامیٹر میں جو ملی وولٹ میٹر لگا ھوتا ھے اس پر وولٹ کی بجائے ٹمپریچر ھی کے درجے بنے ھوتے ھیں ۔ جس سے ٹمپریچر کی براہ راست پیمائش ھو جاتی ھے ۔

حرارتی برقی تھرمامیٹر میں پوٹینشومیٹر سے ای ۔ ایم ۔ ایف کی پیمائش کرنا ۔ اوپر بیان کیا گیا ھے کہ حرارتی برقی تھرمامیٹر میں ٹمپریچر کے فرق سے پیدا شدہ ای ۔ ایم ۔ ایف کو زیادہ صحیح صحیح ناپنے کے لیے پوٹینشومیٹر (Potentio-meter) کا استعمال کیا جاتا ھے ۔ اس کے متعدد عملی طریقے ھیں جن میں سے ایک سادہ طریقہ ذیل میں بیان کیا جاتا ھے :

پہلا طریقہ - ذیل کی شکل میں AB پوٹینشو میٹر کا ایک تار ہے جو پلاٹینم کا بنا ہوا ہے اور جس کی مزاحمت K اوہم فی سنٹی میٹر ہے۔ ایک معلوم مزاحمت R اس کے ساتھ ہم سلسلہ (In series) لگی ہے اور یہ دونوں ایک معیاری سٹینڈرڈ کیڈمیم سیل (Standard cadmium cell) سے ، جس کی ای - ایم - ایف 1·0183 وولٹ ہوتی ہے، ملے ہوئے ہیں - حرارتی برق تھرمامیٹر سے آنے والے ٹھنڈے تاروں میں سے ایک تار A کے ساتھ مستقل طور پر جوڑ دیا گیا ہے - دوسرے تار میں ایک گیلوانومیٹر لگا ہے اور اس کے کھلے سرے کو AB پر کسی بھی جگہ مس کیا جا سکتا ہے - اس کو AB پر پھرا کر ایسے نقطے D پر لاؤ کہ گیلوانومیٹر میں سوئی کا انحراف (Deflection) صفر ہو جائے - تب AD تار میں پوٹانشل کا فرق تھرمامیٹر کی مطلوبہ ای - ایم - ایف کے برابر ہے - اگر سیل کی ای - ایم - ایف E ہو (جو اس خاص صورت میں 1·0183 وولٹ ہے) AB تار کی مزاحمت K اوہم فی سنٹی میٹر ہو، AB تار کی لمبائی l ہو ، اس کے AD حصے کی لمبائی a ہو ، اور تار میں بہنے والی برق رو ، یعنی کرنٹ i ہو تو AB تار کی مزاحمت Kl ہے اور سرکٹ میں کل مزاحمت $R+Kl$ ہے - پس اوہم کے قانون



$$\text{کرنٹ یا برق رو} = \frac{\text{پوٹانشل}}{\text{مزاحمت}}$$ کے مطابق

$$i=\frac{E}{R+Kl}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(i)$$

اب AD حصے کو زیر غور لاؤ - اگر تھرمامیٹر کی مطلوبہ

ای ۔ ایم ۔ ایف e ہو تو وہ AD میں پوٹانشل کے فرق کے برابر ہے اور اس لیے AD حصے کا پوٹانشل بھی e ہے ۔ اس حصے کی مزاحمت Ka ہے ۔ اس میں چلنے والی کرنٹ i ہی ہے ، اس لیے اوہم کے قانون ہی کے مطابق

$$i=\frac{e}{Ka}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

(i) اور (ii) کا مقابلہ کرنے سے

$$\frac{e}{Ka}=\frac{E}{R+Kl}$$

$$\therefore \qquad e=\frac{KaE}{R+Kl}$$

چونکہ اس مساوات میں دائیں طرف کی تمام رقمیں معلوم ہیں ، اس لیے تھرمامیٹر کی مطلوبہ ای ۔ ایم ۔ ایف (e) نکالی جا سکتی ہے ۔

حرارتی برقی تھرمامیٹر کی خوبیاں اور خامیاں ۔ حرارتی برقی تھرمامیٹر میں مندرجہ ذیل خوبیاں اور خامیاں پائی جاتی ہے :

خوبیاں ۱ ۔ اس تھرمامیٹر سے ناپے جانے والے ٹمپریچر کے حدود بہت زیادہ ہوتے ہیں ۔ چنانچہ اس کے ذریعے $-200°C$ سے $1600°C$ تک کے ٹمپریچر آسانی سے ناپے جا سکتے ہیں ، بلکہ مناسب حالات میں اس حد کو $2000°C$ سے اوپر تک بھی بڑھایا جا سکتا ہے بشرطیکہ حرارتی برقی جفتہ ایسا استعمال کیا جائے جس کا تعدیلی (Neutral) ٹمپریچر اس ٹمپریچر سے بہت اونچا ہو ۔

۲ ۔ اس تھرمامیٹر کے ذریعے جلد جلد تبدیل ہونے والے ٹمپریچر کی پیائش ہو سکتی ہے جس کا مزاحمتی تھرمامیٹر سے ناپنا بہت مشکل ہوتا ہے ۔

۳ ۔ سادہ نوعیت کا حرارتی برقی تھرمامیٹر جس میں عام دھاتوں اور بھرتوں کے تار استعمال ہوتے ہیں اور جو تجربہ گاھوں میں زیادہ تر مستعمل ہے ، پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر سے بہت سستا ہوتا ہے ۔

۴ - جب اس تھرمامیٹر کے ساتھ ملی وولٹ میٹر کا استعمال کیا جائے اور وولٹ میٹر کے ڈائل پر ٹمپریچر کے درجے لگا دیے جائیں تو پھر اس تھرمامیٹر سے براہ راست ٹمپریچر کی پیمائش کی جا سکتی ھے - یہ بات مزاحمتی تھرمامیٹر میں پیدا نہیں کی جا سکتی -

خامیاں ۱ - حرارتی برقی تھرمامیٹر پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر کے مقابلے میں کم حساس (Sensitive) ھوتا ھے -

۲ - اس تھرمامیٹر کے ذریعے ان ٹمپریچروں کی پیمائش نہیں کی جا سکتی جو اس کے حرارتی برقی جفتے (Thermo-electric couple) کے تعدیلی (Neutral) ٹمپریچر سے اونچے ھوں -

بین الاقوامی ٹمپریچر پیمانہ - اس سے پہلے بیان کیا جا چکا ھے کہ ٹمپریچر کی پیمائش مادے کی ایسی خاصیت کی مدد سے کی جاتی ھے جو ٹمپریچر کے ساتھ تبدیل ھوتی جاتی ھے - اس میں سے بعض خاصیتیں یہ ھیں :

۱ - ٹمپریچر کے ساتھ پارے کے حجم کی زیادتی -

۲ - ٹمپریچر کے ساتھ گیس کے حجم کی زیادتی -

۳ - ٹمپریچر کے ساتھ گیس کے دباؤ کی زیادتی -

۴ - ٹمپریچر کے ساتھ پلاٹینم کے تار کی مزاحمت کی زیادتی -

۵ - ٹمپریچر کے ساتھ حرارتی برقی جفتے میں ای - ایم - ایف کی زیادتی -

یہ خاصیتیں بلا شبہ ٹمپریچر کے ساتھ تبدیل ھوتی ھیں ، مگر وہ تمام کی تمام بالکل ایک ھی شرح کے ساتھ تبدیل نہیں ھوتیں - اس کا نتیجہ یہ ھے کہ اگر دو ایسے تھرمامیٹر لیے جائیں جو مادے کی دو علیحدہ علیحدہ خاصیتوں پر مبنی ھوں ، مثلاً ایک مستقل حجم ھائیڈروجن تھرمامیٹر ھو اور دوسرا پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر ھو ، پھر ھم ان میں سے ھر ایک پر دو مقررہ درجے ، مثلاً برف کا نقطہ (0°C) اور بھاپ کا نقطہ (100°C) تجربے سے لگا کر ان کے درمیان کی درجہ بندی مکمل کریں تو ان تھرمامیٹروں سے کسی درمیانی ٹمپریچر کو ناپنے پر اس کی

پیمائشی قیمت دونوں تھرمامیٹروں پر قدرے مختلف ہوگی - بہت اونچے ٹمپریچروں اور بہت نیچے ٹمپریچروں پر یہ اختلاف اور بھی بڑھ جائے گا - ایسا ہونا بالکل قدرتی ہے کیونکہ یہ دونوں تھرمامیٹر مادے کی بالکل علیحدہ علیحدہ خاصیتوں پر مبنی ہیں - مختلف تھرمامیٹروں کی اس خرابی کو دور کرنے کے لیے 1927ع میں سائنس دانوں نے پیرس میں جمع ہو کر ٹمپریچر کا ایک معیاری پیمانہ مرتب کیا جو **بین الاقوامی ٹمپریچر پیمانہ** (International temperature scale) کہلاتا ہے - اس پیمانے کے حدود بہت وسیع ہیں جو $-268{\cdot}6°C$ سے لے کر $3490°C$ تک پھیلے ہوئے ہیں - ان میں بہت سے مقررہ نقطے ہیں جو بعض واضح اشیا کے کھولاؤ کے نقطے اور پگھلاؤ کے نقطے کو ظاہر کرتے ہیں - یہ پیمانہ ہائیڈروجن گیس تھرمامیٹر کے پیمانے کے مطابق ہے جب کہ ہائیڈروجن کا دباؤ کافی کم ہو اور اس وجہ سے یہ کیلون کے حرارتی حرکتی پیمانے (Kelvin's thermo-dynamic scale) کے ساتھ ممکن حد تک مطابقت رکھتا ہے - کیلون (Kelvin) کے پیمانے کی تفصیلات تو آگے بیان کی جائیں گی ، یہاں صرف یہ ذکر کافی ہے کہ تھرمامیٹر کے تمام پیمانوں میں کیلون کا پیمانہ ہر لحاظ سے مکمل اور ہر قسم کی خامیوں سے پاک ہے اور اس وجہ سے یہ ایک معیاری پیمانے کی حیثیت رکھتا ہے - ان مقررہ نقطوں کی تفصیل ، جو گیس تھرمامیٹر پر صحیح تسلیم کیے گئے ہیں حسب ذیل ہیں -

۱ - ہیلیم کا کھولاؤ کا نقطہ ، یعنی وہ ٹمپریچر جس پر ہیلیم گیس مائع بنتی ہے ، یہ ٹمپریچر $-268°C$ ہے -

۲ - ہائیڈروجن کا کھولاؤ کا نقطہ ، یعنی وہ ٹمپریچر جس پر ہائیڈروجن گیس مائع بنتی ہے ، یہ ٹمپریچر $-252{\cdot}78°C$ ہے -

۳ - نائٹروجن کا کھولاؤ کا نقطہ ، یعنی وہ ٹمپریچر جس پر نائٹروجن گیس مائع بنتی ہے ، یہ ٹمپریچر $-195{\cdot}81°C$ ہے -

۴ - آکسیجن کا کھولاؤ کا نقطہ ، یعنی وہ ٹمپریچر جس پر آکسیجن گیس مائع بنتی ہے ، یہ ٹمپریچر $-182.96°C$ ہے -

۵ - پارے کا نقطۂ انجماد ، یعنی وہ ٹمپریچر جس پر پارہ مائع سے ٹھوس حالت میں منتقل ہوتا ہے ، یہ ٹمپریچر 38.83°C– ہے -

٦ - پانی کا نقطۂ انجماد یا برف کا پگھلاؤ کا درجہ ، یہ 0°C ہے -

۷ - پانی کا نقطۂ جوش ، یعنی وہ ٹمپریچر جس پر پانی نارمل دباؤ کے ماتحت جوش کھا کر مائع سے بھاپ بنتا ہے ، اسے بھاپ کا نقطہ بھی کہتے ہیں ، یہ ٹمپریچر 100°C ہے -

۸ - قلعی (Tin) کا پگھلاؤ کا نقطہ ، یعنی وہ ٹمپریچر جس پر قلعی ٹھوس سے مائع بنتی ہے ، یہ ٹمپریچر 231·185°C ہے -

۹ - جست (Zinc) کا پگھلاؤ کا نقطہ، یہ ٹمپریچر 419·45°C ہے -

۱۰ - گندھک کا نقطۂ جوش ، یعنی وہ ٹمپریچر جس پر گندھک جوش کھا کر بخارات کی حالت میں تبدیل ہوتی ہے ، یہ ٹمپریچر 444·6°C ہے -

۱۱ - اینٹی منی (Antimony) کے پگھلاؤ کا نقطہ جو 630.5°C ہے -

۱۲ - چاندی کے پگھلاؤ کا نقطہ جو 960·5°C ہے -

۱۳ - سونے کے پگھلاؤ کا نقطہ جو 1063°C ہے -

۱۴ - تانبے کے پگھلاؤ کا درجہ جو 1083°C ہے -

۱۵ - پلاٹینم کے پگھلاؤ کا نقطہ جو 1770°C ہے -

۱٦ - ایریڈیئم (Iridium) کے پگھلاؤ کا نقطہ جو 2454°C ہے -

۱۷ - مولبڈینم (Molybdenum) کے پگھلاؤ کا نقطہ جو 2620°C ہے -

۱۸ - ٹنگسٹن (Tuugsten) کے پگھلاؤ کا نقطہ جو 3400°C ہے -

یہ تمام نقطے گیس ٹمپریچر کے مطابق مقرر کیے گئے ہیں ، لیکن جب ان کے درمیان ٹمپریچر کی پیمائش کا مرحلہ آتا ہے تو گیس تھرمامیٹر کا استعمال متعدد وجوہ سے بہت سی مشکلات کا موجب ہو جاتا ہے - اس کے مقابلے میں پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر اور حرارتی برقی تھرمامیٹر

اس پیمائش کے لیے زیادہ موزوں ہیں ، اس وجہ سے یہ طے کیا گیا ہے کہ مختلف ٹمپریچروں کے درمیان ٹمپریچر کی پیمائش عملی طور پر تو پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر اور حرارتی برق تھرمامیٹر سے کی جائے ، لیکن ان تھرمامیٹروں کی درجہ بندی اس طور سے کی جائے کہ ان پر ناپے جانے والے ٹمپریچر گیس تھرمامیٹر کے پیمانے کے مطابق ہو جائیں۔ اس کی مزید تفصیل حسب ذیل ہے۔

اونچے ٹمپریچروں اور نیچے ٹمپریچروں کی پیمائش

(الف) $-190°C$ سے $0°C$ تک کی پیمائش کے لیے پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر کا استعمال کیا جاتا ہے جس کا پلاٹینم کا تار ‎·05‎ ملی میٹر سے لے کر ‎·2‎ ملی میٹر قطر کا ہو۔ اس کی درجہ بندی مندرجہ ذیل کلیے کی مدد سے کی جاتی ہے :

$$R_t = R_0[1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma(t - 100)t^3]$$

اس کلیے میں تھرمامیٹر کی مزاحمت کو برف کے نقطے ‎(0°C)‎ بھاپ کے نقطے ‎(100°C)‎ ، گندھک کے نقطے ، یعنی گندھک کے کھولاؤ کے درجے ‎(444·6°C)‎ اور آکسیجن کے نقطے ‎(−182·97°C)‎ پر معلوم کر کے R_0 ، α ، β ، γ کی قیمتیں نکالی جاتی ہیں۔

(ب) $0°C$ سے $660°C$ تک ٹمپریچر کی پیمائش کرنے کے لیے اسی پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر کا استعمال کیا جا سکتا ہے مگر اس صورت میں تھرمامیٹر کی درجہ بندی کے لیے ذیل کا کلیہ (جو اوپر کے کلیے سے سادہ تر ہے) برتا جاتا ہے

$$R_t = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$$

اس کلیے میں تھرمامیٹر کی مزاحمت کو برف کے نقطے ‎(0°C)‎ ، بھاپ کے نقطے ‎(100°C)‎ اور گندھک کے نقطے ‎(444·6°C)‎ پر معلوم کر کے R_0 ، α اور β کی قیمتیں معلوم کی جاتی ہیں۔

(ج) $660°C$ سے $1063°C$ تک ٹمپریچر کی پیمائش کرنے کے لیے حرارتی برق تھرمامیٹر کا استعمال کیا جاتا ہے جس کا حرارتی جفتہ

(Thermo couple) ایک طرف پلاٹینم اور دوسری طرف پلاٹینم روڈیم (Platinum rhodium) کے بھرت کا بنا ہوتا ہے۔ اس بھرت میں 90 فی صد پلاٹینم کے ساتھ روڈیئم 10 فی صد کی آمیزش ہوتی ہے۔ اس جفتے کی ہر تار کا قطر 0·35 ملی میٹر اور 0·65 ملی میٹر کے درمیان ہوتا ہے اور جفتے کے ایک جوڑ یعنی ٹھنڈے جوڑ کو پگھلتی برف میں یعنی 0°C کے ٹمپریچر پر برقرار رکھا جاتا ہے۔ اس تھرمامیٹر کی درجہ بندی ذیل کے کلیے کی مدد سے کی جاتی ہے :

$$E = a + bt + ct^2$$

اس میں E وہ ای۔ ایم۔ ایف ہے جو گرم جوڑ کو ٹمپریچر t پر رکھنے سے پیدا ہو جاتی ہے۔ اس کلیے میں تھرمامیٹر کی ای۔ ایم۔ ایف کو اینٹی منی کے پگھلاؤ کے نقطے (630·5°C)، چاندی کے پگھلاؤ کے نقطے (960·5°C) اور سونے کے پگھلاؤ کے نقطے (1063°C) پر معلوم کرکے a، b اور c کی قیمتیں نکالی جاتی ہیں۔

(د) 1063°C کے اوپر کے ٹمپریچر ایک اور آلے سے جس کا نام پائرومیٹر (Pyrometer) ہے، دریافت کیے جاتے ہیں۔ یہ آلہ اشعاع حرارت کے اصول پر مبنی ہے اور اس کی تفصیل اشعاع حرارت کے باب میں دی گئی ہے۔

حسابی مثالیں

Example 1. Find the value of Absolute zero on the Fahrenheit scale.

فارن ہیٹ پیمانے پر مطلق صفر کی قیمت معلوم کرو۔

سنٹی گریڈ پیمانے پر مطلق صفر $= -273°C$

فارن ہیٹ پیمانے پر مطلق صفر $= -273 \times \frac{9}{5} + 32$

$$= -491{\cdot}4 + 32 = -459{\cdot}4°F$$

Example 2. A mercury thermometer is immersed in a hot liquid upto the 25° mark and reads 90°.

If the average temperature of the emergent column be 40° what is the correct temperature of the liquid. Expansion of mercury in glass is 0·00016.

پارے کا ایک تھرمامیٹر 25 درجے کے نشان تک ایک گرم مائع میں ڈوبا ہوا ہے اور اس پر ٹمپریچر کی پیمائش 90 درجے ہے۔ اگر باہر نکلے ہوئے کالم کا اوسط ٹمپریچر 40 درجے ہو تو مائع کا صحیح ٹمپریچر کیا ہوگا۔ شیشے میں پارے کے پھیلاؤ کا معیار 0·00016 ہے۔

90° = پارے کے کل کالم کی لمبائی

25 = اندر ڈوبے کالم کی لمبائی

$90-25=65$ = باہر نکلے کالم کی لمبائی

0·00016 = پارے کے پھیلاؤ کا معیار

40 = باہر نکلے کالم کا ٹمپریچر

90 = اندر ڈوبے کالم کا ٹمپریچر

$90-40=50$ = ٹمپریچر کا فرق

تھرمامیٹر سے صحیح ٹمپریچر اس صورت میں ظاہر ہوتا جب باہر نکلا کالم بھی 90 درجے تک گرم ہوتا ، یعنی اس کا ٹمپریچر موجودہ ٹمپریچر سے بقدر 40—90 یعنی 50° بڑھا ہوتا۔ چونکہ باہر نکلے اس کالم کا طول 65 درجے ہے ، اس کا پھیلاؤ 0·00016 ہے اور ٹمپریچر کی زیادتی 50 ہے ، اس وجہ سے اس کالم کے بقدر 50 درجے گرم ہونے تک کالم کے طول کی زیادتی۔

$=65\times0{\cdot}00016\times50=0{\cdot}52$ (درجے) =

یہ باہر نکلے کالم کے باعث ٹمپریچر کی تصحیح ہے۔

90 = مشاہدہ کردہ ٹمپریچر

0·52 = ٹمپریچر کی تصحیح

$90+0{\cdot}52=90{\cdot}52^{\circ}$ = تصحیح شدہ ٹمپریچر

Example 3. A thermometer reads 99·7°C in a hypsometer, when the pressure is 74·21 cm. of mercury and the water manometer on the instrument indicates an excess pressure inside of 1 cm. Find the error in the thermometer. The increase in pressure of 1 cm. of mercury raises the boiling water by 0·37°C.

ایک جوش دان کے اندر پارے کا تھرمامیٹر 99·7°C کا ٹمپریچر ظاہر کرتا ہے۔ جب کہ (کرۂ ہوائی کا) دباؤ پارے کے 74·21 سنٹی میٹر کے برابر ہے اور جوش دان کے ساتھ لگا ہوا پانی کا مینو میٹر اندر کے دباؤ کی زیادتی پانی کے 1 سنٹی میٹر کے برابر ظاہر کرتا ہے۔ تھرمامیٹر کی غلطی معلوم کرو۔ پارے کے ایک سنٹی میٹر دباؤ کی زیادتی سے پانی کا نقطۂ جوش بقدر 0·37°C اونچا ہو جاتا ہے۔

کرۂ ہوائی کا دباؤ = پارے کا 74·21 سنٹی میٹر

پارے کی کثافت = 13·6

جوش دان کے اندر دباؤ کی زیادتی = پانی کا اسنٹی میٹر

$= \frac{1}{13 \cdot 6}$ پارے کا سنٹی میٹر

= پارے کا 0·07 سنٹی میٹر

جوش دان کے اندر کا دباؤ $= 74 \cdot 21 + 0 \cdot 07$

$= 74 \cdot 28$

نارمل دباؤ سے اس دباؤ کا فرق $= 76 - 74 \cdot 28 = 1 \cdot 72$ (سم)

1 سم سے نقطۂ جوش میں کمی $= 0 \cdot 37°C$

1·72 سم سے نقطۂ جوش میں کمی $= 0 \cdot 37 \times 1 \cdot 72$

$= 0 \cdot 64°C$

نارمل دباؤ پر پانی کا نقطۂ جوش $= 100°C$

جوش دان کے موجودہ دباؤ پر پانی کا نقطۂ جوش جتنا ہونا چاہیے

$= 100 - 0 \cdot 64 = 99 \cdot 36°C$

تھرمامیٹر سے یہ نقطۂ جوش جتنا ظاہر ہوتا ہے

$=99{\cdot}7°C$

تھرمامیٹر کی غلطی $=99{\cdot}7-99{\cdot}36$

$=0{\cdot}34°C$

پس تھرمامیٹر کی پیمائش اصل پیمائش سے بقدر 0·34°C زیادہ ہے -

Example 4. The pressures indicated by a constant volume hydrogen thermometer are 23·5 cms. 75·0 cms. and 120·4 cms. when the bulb is immersed in liquid air, ice and steam respectively. What is the temperature of liquid air on the constant volume hydrogen scale.

ایک مستقل حجم کے ھائیڈروجن تھرمامیٹر کے بلب کو مائع ھوا میں ، برف میں اور بھاپ میں یکے بعد دیگرے ڈبونے پر وہ تھرمامیٹر بالترتیب 23·5 سم ، 75·0 سم اور 120·4 سم کا دباؤ ظاہر کرتا ہے - تو مستقل حجم کے ھائیڈروجن پیمانے پر مائع ھوا کا ٹمپریچر کیا ہوگا -

برف کے نقطے 0°C پر دباؤ $=P_0=75{\cdot}0$ cms.

مائع ھوا کا مطلوبہ ٹمپریچر $=x=?$

بھاپ کے نقطے 100°C پر دباؤ $=P_{100}=120{\cdot}4$ cms.

مائع ھوا کے ٹمپریچر $x°C$ پر دباؤ $=P_x=23.5$ cms.

$$\because \quad x=\frac{P_x-P_0}{P_{100}-P_0}\times 100$$

$$\because \quad x=\frac{23{\cdot}5-75{\cdot}0}{120{\cdot}4-75}\times 100$$

$$=-113{\cdot}4°C$$

$$=273+(-113{\cdot}4)=159{\cdot}6°K$$

سوالات

Q 1. What are the chief errors of a mercury thermometer? How are they corrected for ?

پارے کے تھرمامیٹر کی بڑی بڑی غلطیاں کیا کیا ہیں ؟ ان کی تصحیح کیوں کر کی جا سکتی ہے ؟

Q 2. Describe the construction and use of

(a) Beckmann Thermometer

(b) Maximum and minimum thermometer

مندرجہ ذیل کی ساخت اور عمل بیان کیجیے

(الف) بیک مان تھرمامیٹر

(ب) میکسیمم مینیمم تھرمامیٹر

Q 3. (a) What are the merits of a gas themometer ?

(b) Explain the construction and working of Joly's air thermometer

(الف) گیس تھرما میٹر کی خوبیاں کون کون سی ہیں ؟

(ب) جالی کے ھوائی تھرمامیٹر کی ساخت اور عمل کی وضاحت کیجیے -

Q 4. Describe the construction and use of Harkar and Chappius constant volume gas thermometer.

ھار کر اور چاپئیس کے مستقل حجم گیس تھرما میٹر کی ساخت اور استعمال بیان کرو -

Q 5. Give a detailed account of standard constant volume gas thermometer.

معیاری مستقل حجم گیس تھرمامیٹر کی تفصیل بیان کیجیے -

Q 6. Explain the construction of Callendar's compensated air thermometer. How is the temperature measured with this instrument ?

کیلنڈر کے تلافی شدہ گیس تھرمامیٹر کی ساخت بیان کرو - اس تھرما میٹر سے ٹمپریچر کی پیائش کس طریقے سے کی جاتی ہے ؟

Q 7. Give an account of the construction and use of the platinum resistance thermometer and point out the merits and demerits of this thermometer.

پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر کی ساخت اور استعمال کی تفصیل بیان کیجیے اور اس تھرمامیٹر کی خامیوں کی نشان دھی کیجیے -

Q 8. State the principle, the construction and the working of a thermo-electric thermometer. What are its chief advantages ?

ایک حرارتی برقی تھرمامیٹر کا اصول ساخت اور استعمال بیان کیجئے- اس کے خاص خاص فوائد کیا ھیں ؟

Q 9. Write a note on the International Temperature Scale.

بین الاقوامی ٹمپریچر پیمانے پر ایک نوٹ لکھیے

Q 10. Describe briefly the various methods of measuring

(a) High temperature and (b) Low temperature

(الف) آونچے ٹمپریچر اور (ب) نیچے ٹمپریچر کو ناپنے کے مختلف طریقے مختصر طور پر بیان کیجیے -

دوسرا باب

حرارت سے پھیلاؤ

(EXPANSION BY HEAT)

تمام مادی اشیا ، یعنی ٹھوس اجسام ، مائعات اورگیسیں حرارت سے پھیلتی ھیں اور اس وجہ سے ٹمپریچر کے بڑھنے کے ساتھ ساتھ اُن کے حجم میں زیادتی ھوتی جاتی ھے ۔ البتہ گنتی کی چند اشیا ایسی بھی ھیں جو ٹمپریچر کی زیادتی کے ساتھ پھیلنے کی بجائے سکڑتی ھیں ۔ ان میں سے ایک مثال برف سے تازہ پگھلے ھوئے پانی کی ھے جس کا ٹمپریچر 0^0C ھو ۔ اسے جب حرارت پہنچائی جائے تو ٹمپریچر کے بڑھنے پر اس کا حجم گھٹتا ھے اور $4°C$ تک گھٹتا جاتا ھے ۔ $4°C$ سے اُوپر البتہ یہ پانی ٹمپریچر کی زیادتی کے ساتھ پھیلنے لگتا ھے اور پھر برابر پھیلتا جاتا ھے ۔ ٹھوس اشیا میں بعض کرسٹل (Crystals) بھی حرارت سے پھیلنے کی بجائے سکڑتے ھیں ۔ ان میں ایک مثال سلور آئیو ڈائڈ (Silver iodide) کے کرسٹل کی ھے ۔ گیسیں البتہ سب کی سب حرارت سے پھیلتی ھیں بشرطیکہ اُن کے دباؤ کو حد سے زیادہ نہ بڑھنے دیا جائے ۔

ٹھوس اجسام کا پھیلاؤ ۔ ھر ٹھوس جسم کی ایک واضح شکل اور اس کا ایک واضح حجم ھوتا ھے ۔ واضح شکل ھونے کے باعث اس کی ایک مقررہ لمبائی ، ایک مقررہ چوڑائی اور ایک مقررہ موٹائی ھوتی ھے ۔ ٹمپریچر کے بڑھنے سے ٹھوس جسم عموماً تینوں اطراف میں پھیلتا ھے جس کے باعث اس کا طول بڑھ جاتا ھے ، اس کا رقبہ بڑھ جاتا ھے اور اس کے حجم میں زیادتی آ جاتی ھے ۔ اگر ٹھوس جسم ایک لمبی سلاخ کی شکل میں ھو جس کی چوڑائی اور موٹائی اس کی لمبائی کے

مقابلے میں بہت کم ہو تو گرم ہونے پر سلاخ کے طول میں جتنی زیادتی
تی ہے اس کے مقابلے میں اس کی چوڑائی اور موٹائی کی زیادتیاں
بے حد کم اور نظر انداز کرنے کے قابل ہوتی ہیں ۔ اس لیے سلاخ کی
طرح کے جسم میں اس کے طول کی زیادتی ہی کو اہمیت حاصل ہے ۔
سے **طولی پھیلاؤ** (Linear expansion) کہتے ہیں ۔

اگر ٹھوس جسم دھات کے ایک چوڑے پترے یا چادر (Sheet) کی
شکل کا ہو جس کی لمبائی اور چوڑائی تو کافی ہو مگر جس کی موٹائی بہت
کم ہو تو گرم کرنے پر اس کی لمبائی اور چوڑائی میں کافی زیادتی پیدا
ہوتی ہے جس سے اس سطح کا رقبہ بڑھ جاتا ہے ۔ البتہ اس کی موٹائی میں
جو زیادتی آتی ہے وہ بے حد کم ہونے کے باعث نظر انداز کرنے کے قابل
ہوتی ہے ۔ اس وجہ سے اس قسم کے چوڑے پترے یا چادر میں رقبے کی
زیادتی کو اہمیت حاصل ہوتی ہے ۔ اسے **سطحی پھیلاؤ** (Superficial
expansion) کہتے ہیں ۔

جب ٹھوس جسم ایسا ہو جس کی لمبائی ، چوڑائی اور موٹائی
تینوں ہی کافی ہوں تو گرم کرنے پر وہ سبھی اطراف میں پھیلتا ہے ،
جس سے اس کا حجم بڑھ جاتا ہے ۔ ایسے جسم میں حجم کی زیادتی کو
اہمیت حاصل ہوتی ہے ، اسے **حجمی پھیلاؤ** (Cubical expansion)
کہتے ہیں ۔

طولی پھیلاؤ ۔ یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ کسی ٹھوس جسم
کا طولی پھیلاؤ تین امور ، یعنی اس جسم کے طول ، اس کے ٹمپریچر کی
زیادتی اور اس کے میٹریل کی نوعیت پر منحصر ہوتا ہے ۔ اس لیے جب
ہمیں مختلف میٹیریل کے بنے ہوئے اجسام کے پھیلاؤ کا مقابلہ کرنا
مقصود ہو تو یہ ضروری ہے کہ ہم اُن کی لمبائی ایک سی لیں اور
انھیں ایک سے ٹمپریچر کے فرق کے بقدر گرم کریں ۔ سائنس دان اس
ضمن میں ہر ٹھوس جسم کی ایک سنٹی میٹر لمبائی لیتے ہیں ، آسے ایک
سنٹی گریڈ تک گرم کرتے ہیں اور اس طرح سے طول میں جو زیادتی
پیدا ہوتی ہے ، آسے مختلف اجسام کے طولی پھیلاؤ کا مقابلہ کرنے کے

لیے ایک معیار بناتے ھیں - اسے طولی پھیلاؤ کا معیار (Coefficient of linear expansion) کہتے ھیں - اس کی تعریف یوں کی جاتی ھے -

طولی پھیلاؤ کا معیار - کسی شے کی ایک سنٹی میٹر لمبائی کو ایک درجہ سنٹی گریڈ تک گرم کرنے سے اس میں طول کی جو زیادتی پیدا ھوتی ھے ، اسے اس شے کا طولی پھیلاؤ کا معیار (Coeffiicient of linear expansion) کہتے ھیں - اس کو عام طور پر α سے ظاھر کیا جاتا ھے -

مختلف ٹمپریچروں پر ایک سلاخ کی لمبائی - فرض کرو کہ کسی سلاخ کی لمبائی $0°C$ پر L_0 اور $t°C$ پر L_t ھے اور اس کا طولی پھیلاؤ کا معیار α ھے - تب اوپر کی تعریف کے مطابق

$$\alpha = \frac{L_t - L_0}{L_0 t}$$

یا $L_t - L_0 = L_0 \alpha t$

یا $L_t = L_0 + L_0 \alpha t$

$\therefore \quad L_t = L_0(1 + \alpha t)$

دو مختلف ٹمپریچروں کے درمیان کسی سلاخ کا پھیلنا - فرض کیجیے کہ ایک سلاخ کا طول $t_1{}^0C$ پر L_1 ھے ، $t_2{}^0C$ پر L_2 ھے اور 0^0C پر L_0 ھے - جب کہ ٹمپریچر t_2 ٹمپریچر t_1 سے اونچا ھے اور ٹمپریچر t_1 ، ٹمپریچر 0^0C سے اونچا ھے ، تب اوپر کی مساوات کے مطابق

$$L_1 = L_0(1 + \alpha t_1)$$

$$L_2 = L_0(1 + \alpha t_2)$$

$$\therefore \quad \frac{L_2}{L_1} = \frac{L_0(1 + \alpha t_2)}{L_0(1 + \alpha t_1)} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1}$$

یا $L_2 = L_1(1 + \alpha t_2)\,(1 + \alpha t_1)^{-1}$

یا $L_2 = L_1(1 + \alpha t_2 - \alpha t_1 +$ ایسی مقداریں

جن میں α کی بڑی طاقتیں مثلاً α^2 ، α^3 وغیرہ آتی ھیں جو α کے بہت چھوٹا ھونے کے باعث اس کے مقابلے میں نظر انداز کرنے کے قابل ھیں ۔ پس

$$L_2 = L_1(1 + \alpha t_2 - \alpha t_1)$$

$$\therefore \quad L_2 = L_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

سطحی پھیلاؤ کا معیار ۔ کسی ٹھوس شے کے ایک مربع سنٹی میٹر رقبے کو ایک درجہ سنٹی گریڈ تک گرم کرنے سے اس رقبے میں جو زیادتی پیدا ھوتی ھے ، اُسے اُس شے کا **سطحی پھیلاؤ کا معیار** (Coefficient of superficial expansion) کہتے ھیں ۔ اس کو عام طور پر β سے ظاھر کیا جاتا ھے ۔

مختلف ٹمپریچروں پر ایک تختی کا رقبہ ۔ فرض کیجیے کہ (دھات کی) ایک تختی کا رقبہ $0°C$ پر S_0 اور $t°C$ پر S_t ھے اور اس کے سطحی پھیلاؤ کا معیار β ھے ۔ تب اوپر کی تعریف کے مطابق

$$\beta = \frac{S_t - S_0}{S_0 t}$$

$$\text{یا} \quad S_t - S_0 = S_0 \beta t$$

$$\text{یا} \quad S_t = S_0 + S_0 \beta t$$

$$\therefore \quad S_t = S_0(1 + \beta t)$$

ثابت کرنا کہ سطحی پھیلاؤ کا معیار (β) طولی پھیلاؤ کے معیار (α) سے دگنا ھوتا ھے ۔ مربع شکل کی ایک ایسی تختی کو زیر غور لاؤ جس کا ھر ضلع ایک سنٹی میٹر اور جس کا رقبہ ایک مربع سنٹی میٹر ھو ۔ اگر اس کے مادے کا سطحی پھیلاؤ کا معیار β اور طولی پھیلاؤ کا معیار α ھو تو $0°C$ سے t^0C تک اسے گرم کرنے پر اس کا بڑھا ھوا رقبہ

$$= 1 + \beta t$$

چونکہ اس حالت میں اس کا بڑھا ھوا ھر ضلع $1 + \alpha$ ھے اس لیے اس لحاظ سے اس کا بڑھا ھوا رقبہ $(1 + \alpha)^2$ ھے

$$\therefore \quad 1 + \beta t = (1 + \alpha t)^2 = 1 + 2\alpha t + \alpha^2 t^2$$

چونکہ α کی قیمت بہت قلیل ہے ، اس لیے اس کے مربع (α^2) والی رقم کو ، جو اس سے کہیں زیادہ قلیل ہوگی ، نظر انداز کیا جا سکتا ہے

$$\therefore \quad 1+\beta t=1+2\alpha$$

یا
$$\beta t=2\alpha t$$

$$\therefore \quad \beta=2\alpha$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ کسی شے کے سطحی پھیلاؤ کا معیار (β) اس شے کے طولی پھیلاؤ کے معیار (α) سے دگنا ہوتا ہے ۔

حجمی پھیلاؤ کا معیار ۔کسی شے کے ایک مکعب سنٹی میٹر حجم کو ایک درجہ سنٹی گریڈ تک گرم کرنے پر اس کے حجم میں جو زیادتی پیدا ہوتی ہے اُسے اس شے کا حجمی پھیلاؤ کا معیار (Coefficient of cubical expansion) کہتے ہیں ۔ اس کو عام طور پر γ سے ظاہر کیا جاتا ہے ۔

مختلف ٹمپریچروں پر کسی جسم کا حجم ۔ فرض کیجیے کہ ایک ٹھوس جسم کا حجم $0°C$ پر V_0 اور $t°C$ پر V_t ہے ، تب اُوپر کی تعریف کے مطابق

$$\gamma=\frac{V_t-V_0}{V_0 t}$$

یا
$$V_t-V_0=V_0\gamma t$$

یا
$$V_t=V_0+V_0\gamma t$$

$$\therefore \quad V_t=V_0(1+\gamma t)$$

ثابت کرنا کہ حجمی پھیلاؤ کا معیار (γ) طولی پھیلاؤ کے معیار (α) سے تگنا ہوتا ہے ۔ ایک ایسے مکعب کو زیر غور لاؤ جس کا ہر ضلع ایک سنٹی میٹر اور جس کا حجم اس لحاظ سے ایک مکعب سنٹی میٹر ہو، اس کو 0^0C سے t^0C تک گرم کرو ، تب اس کا بڑھا ہوا حجم

$$=1+\gamma t$$

مگر چونکہ اس کا بڑھا ہوا ضلع $1+\alpha t$ ہے اور اس حساب سے اس کا بڑھا ہوا حجم $(1+\alpha t)^3$ ہے

$$\therefore \quad 1+\gamma t=(1+\alpha t)^3=1+3\alpha t$$

+ ایسی رقمیں جن میں α کی بڑی طاقتیں آتی ہیں اور جو α کے بہت قلیل ہونے کے باعث نظر انداز کرنے کے قابل ہیں - پس

$$1+\gamma t=1+3\alpha t$$

$$\text{یا} \quad \gamma t=3\alpha t$$

$$\therefore \quad \gamma=3\alpha$$

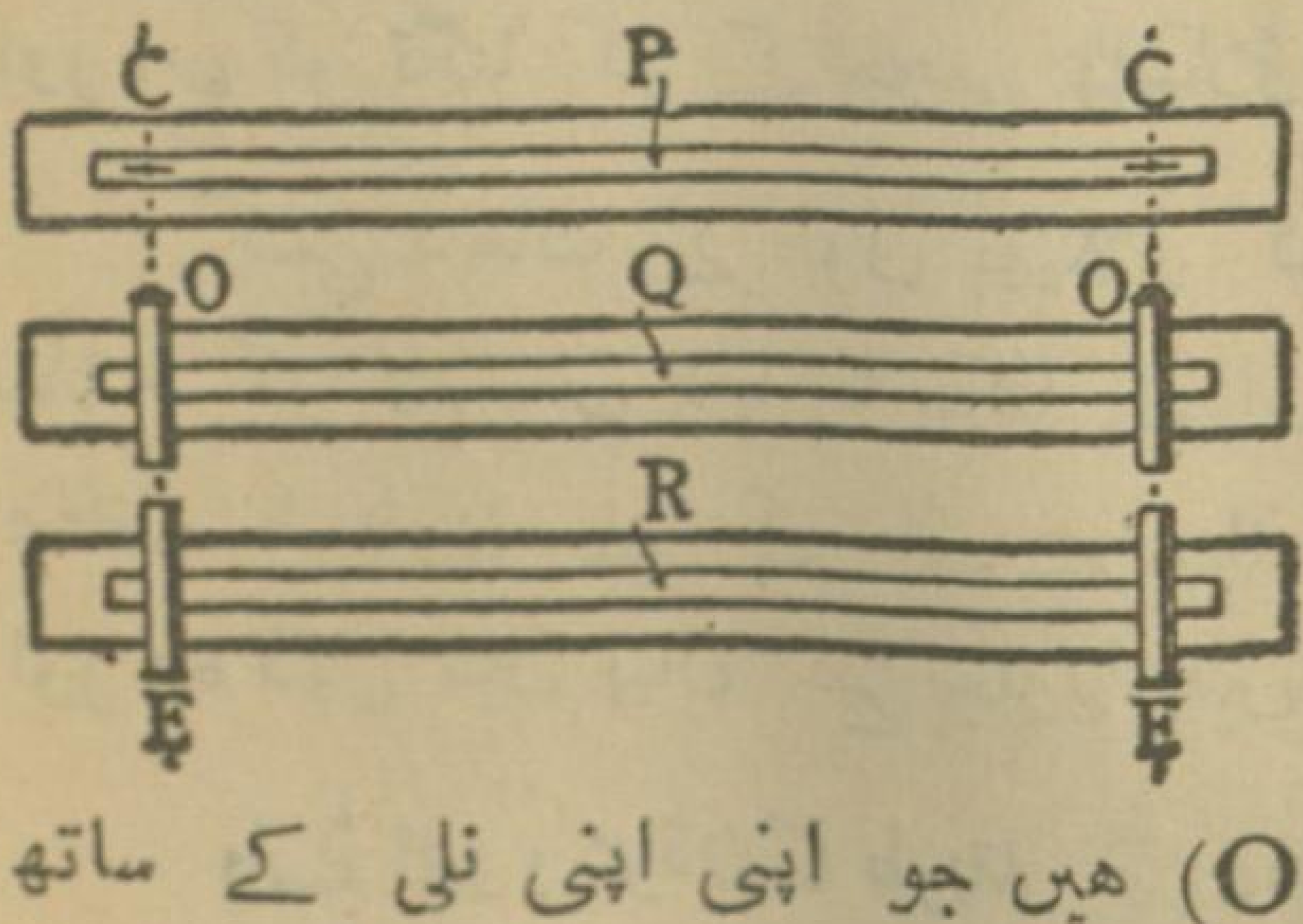
اس سے ثابت ہوتا ہے کہ کسی شے کے حجمی پھیلاؤ کا معیار (γ) اس شے کے طولی پھیلاؤ کے معیار (α) سے تگنا ہوتا ہے -

کسی ٹھوس شے مثلاً دھات کے طولی پھیلاؤ کے معیار کی پیمائش - کسی ٹھوس شے مثلاً دھات کے لیے طولی پھیلاؤ کے معیار کی پیمائش کو سب سے زیادہ اہمیت حاصل ہے ، کیونکہ جب طولی پھیلاؤ کا معیار معلوم ہو جائے تو اس کو دگنا کر کے سطحی پھیلاؤ کا معیار اور اس کو تگنا کر کے حجمی پھیلاؤ کا معیار معلوم کیا جا سکتا ہے -

کسی دھات کے طولی پھیلاؤ کو ناپنے کے لیے اس دھات کی ایک سلاخ کو کام میں لایا جا سکتا ہے اور یہ پیمائش عملی طور پر کئی مختلف طریقوں سے کی جاتی ہے - ان میں سے تین طریقے زیادہ اہم ہیں اور وہ ذیل میں بیان کیے جاتے ہیں -

رائے اور ریمزڈن کا طریقہ (Roy and Ramsden's experi-ment) اس طریقے میں تین سلاخوں کا استعمال ہوتا ہے اور یہ تین سلاخیں جو ایک ہی سائز کی ہوتی ہیں ، تین علیحدہ علیحدہ لگنوں (Troughs) میں رکھی جاتی ہیں - ان میں سے سلاخ Q تو زیر تجربہ سلاخ ہوتی ہے جس کے طولی پھیلاؤ کا معیار معلوم کرنا مطلوب ہوتا ہے ، اور سلاخ P اور R دو معاون سلاخیں ہوتی ہیں - یہ تینوں سلاخیں اپنے اپنے لگنوں کے اندر تھوڑے تھوڑے فاصلے پر ایک

دوسرے کے متوازی رکھی ہوئی ہوتی ہیں جس میں زیر تجربہ سلاخ Q درمیان میں ہوتی ہے ۔ ابتدا میں تینوں لگنوں میں پگھلتی برف پڑی ہوتی ہے جس کے باعث تینوں سلاخوں کا ٹمپریچر 0°C ہوتا ہے ۔ اس کے بعد دونوں معاون سلاخوں P اور R کا ٹمپریچر تو بدستور 0°C ہی پر رکھا جاتا ہے لیکن زیر تجربہ سلاخ کا ٹمپریچر اس کے لگن میں پگھلی برف کی بجائے گرم پانی ڈال کر بڑھایا جاتا ہے ۔ سلاخ P پر جو سب سے پرے ہوتی ہے ، دونوں سروں کے قریب دو چلیپائی تار (Cross wire) C اور C لگے ہوتے ہیں ۔ ان میں سے ہر تار کو دیکھنے کے لیے ایک ایک خوردبین سے کام لیا جاتا ہے ، مگر ہر خوردبین کی نلی دو ٹکڑے کی بنی ہوئی ہوتی ہے جس میں ایک ٹکڑا جس کے اگلے سرے پر منظری عدسہ (Objective) O لگا ہوتا ہے ، درمیانی زیر تجربہ سلاخ پر نصب ہوتا ہے ۔ اس ٹکڑے کے ساتھ مائکرو میٹر پیچ (Micrometer screw) لگا ہوتا ہے جس کو پھرانے سے منظری عدسے کو اس کی نلی سمیت سلاخ کی لمبائی کے رخ آگے پیچھے پھرایا جا سکتا ہے ۔ خوردبین کی نلی کا دوسرا ٹکڑا جس کے پچھلے سرے پر چشمہ (Eye piece) لگا ہوتا ہے نزدیکی سلاخ R پر نصب ہوتا ہے ۔ چشمے میں بھی ایک چلیپائی تار (Cross wire) لگی ہوتی ہے ۔ شکل میں C اور C چلیپائی تار ہیں جو دور کی سلاخ P پر لگے ہوئے ہیں ۔ O



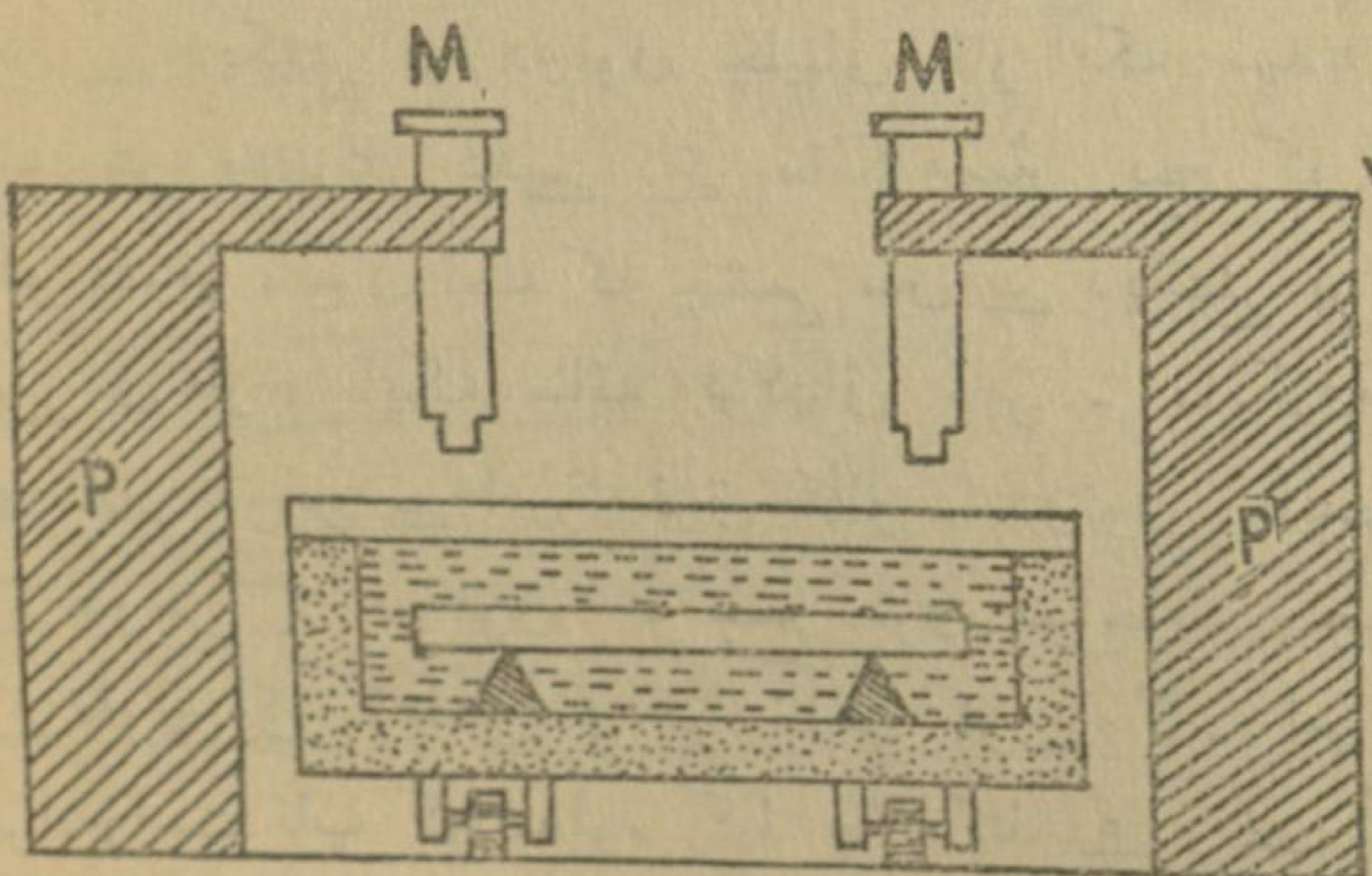
اور O منظری عدسے (Objectives) ہیں جو اپنی اپنی نلی کے ساتھ درمیانی زیر تجربہ سلاخ Q پر نصب ہیں ۔ البتہ ان کے ساتھ لگے ہوئے مائکرومیٹر پیچ شکل میں دکھائے نہیں گئے ۔ E اور E دو چشمے (Eye piece) ہیں جو اپنی اپنی نلی کے ساتھ نزدیکی سلاخ R پر نصب ہیں ۔ ابتدا میں جب تینوں سلاخوں کے لگنوں میں پگھلتی ہوئی برف پڑی ہوتی ہے اور اس وجہ سے ان تینوں سلاخوں کا ٹمپریچر 0°C پر ہوتا ہے تو درمیانی زیر تجربہ سلاخ پر لگے ہوئے

منظری عدسوں کو اُن کے مائکرومیٹر پیچوں کی مدد سے آگے پیچھے پھرا کر ان عدسوں کو ایسی پوزیشن میں لایا جاتا ھے کہ ھر چشمے میں سے دیکھنے پر چشمے اور عدسے کے متحد عمل سے تیسری سلاخ کے چلیپائی تار کا عکس چشمے کے چلیپائی تار کے ساتھ ملا ھوا نظر آتا ھے۔ اس حالت میں دونوں مائکرومیٹروں کا درجہ پڑھ لیا جاتا ھے۔ اس کے بعد معاون سلاخوں P اور R کے لگنوں میں تو پگھلتی برف ھی کو رھنے دیا جاتا ھے۔ جس سے ان سلاخوں کے ٹمپریچر اور اُن کے طول میں کوئی فرق نہیں آتا، مگر درمیانی زیر تجربہ سلاخ Q کے لگن میں پگھلتی برف کی بجائے گرم پانی یا گرم تیل ڈال دیا جاتا ھے جس سے سلاخ t درجے تک گرم ھو جاتی ھے اور یہ t درجہ ایک تھرمامیٹر کی مدد سے ناپ لیا جاتا ھے۔ گرم ھونے پر یہ سلاخ دونوں جانب پھیلتی ھے جس سے منظری عدسے O اور O ذرا ذرا باھر کی طرف کو ھو جاتے ھیں اور چشمے میں سے دیکھنے پر دونوں چلیپائی تار ایک سیدھ میں نظر نہیں آتے۔ اب ھر منظری عدسے کے مائکرومیٹر پیچ کو آھستہ آھستہ اندر کو پھراؤ، یہاں تک کہ چشمے میں سے دیکھنے پر دونوں چلیپائی تار پہلے کی طرح ایک ساتھ دکھائی دیں۔ مائکرومیٹر کا درجہ پڑھو اور پہلے درجے سے اس کا فرق نکالو۔ دونوں جانب کے مائکرومیٹروں کے درجے کے اس فرق کو جمع کرو تو حاصل جمع زیر تجربہ سلاخ کے طول کی زیادتی l کو ظاھر کرے گا۔ اس سلاخ کا طول L براہ راست ناپ کر معلوم کیا جا سکتا ھے، تب اگر سلاخ کے طولی پھیلاؤ کا معیار α ھو تو

$$\alpha = \frac{l}{L(t_2 - t_1)}$$

نوٹ۔ رائے (Roy) اور ریمزڈن (Ramsden) نے یہ تجربہ پہلے پہل ۱۷۸۵ع میں انگلستان میں کیا تھا اور اس کے ذریعے مختلف دھاتوں کے طولی پھیلاؤ کے معیار بڑی حد تک صحیح صحیح معلوم کیے گئے تھے۔

تقابلی طریقہ (Comparative method) - اس طریقے میں دو سلاخیں کام میں لائی جاتی ہیں - جن میں سے ایک سلاخ وہ ہوتی ہے جس کے طولی پھیلاؤ کا معیار معلوم کرنا مطلوب ہوتا ہے - اس سلاخ کے دونوں سروں کے قریب دو نشانات لگے ہوتے ہیں - ان سلاخوں کا درمیانی فاصلہ قریباً ایک میٹر ہوتا ہے - دوسری سلاخ اسی سائز کی ہوتی ہے مگر یہ ضروری نہیں ہے کہ وہ اسی دھات کی بھی ہو - اس سلاخ پر بھی کناروں کے قریب دو نشانات لگے ہوتے ہیں - ان نشانوں کا درمیانی فاصلہ (0°C پر) عین ایک میٹر کے برابر ہوتا ہے اور اسی لیے یہ سلاخ معیاری سلاخ کہلاتی ہے - یہ دونوں سلاخیں دوسری دیواروں کے دو علیحدہ علیحدہ لگنوں (Troughs) میں رکھی ہوتی ہیں - لگنوں کے اندر پانی پڑا ہوتا ہے جس کے ٹمپریچر کو دوسری دیواروں کے درمیان برف کا چورہ یا گرم پانی ڈالنے سے ایک خاص نیچے کے ٹمپریچر یا ایک خاص اوپر کے ٹمپریچر پر حسب ضرورت رکھا جا سکتا ہے - لگن کے دونوں سروں کے اوپر دو خوردبین M اور M دو بھاری ٹیکنوں P اور P پر تھمی ہوتی ہیں - ان خوردبینوں کے ساتھ مائکرومیٹر پیچ (Micrometer screw) لگے ہوتے ہیں - جس کے ذریعے انہیں آگے پیچھے پھرایا جا سکتا ہے اور وہ جس فاصلے میں حرکت کریں اس کی پیائش صحیح صحیح کی جا سکتی ہے - (یہ مائکرومیٹر پیچ شکل میں نظر نہیں آ رہے ہیں) -



جن لگنوں میں سلاخیں رکھی ہوتی ہیں ان کے نیچے پہیے لگے

ہوتے ہیں ، جن کی مدد سے اُن میں سے ہر لگن کو خوردبینوں کے نیچے لایا جا سکتا ہے یا آسے پرے لے جایا جا سکتا ہے ۔

تجربہ کرنے کے لیے پہلے اس لگن کو جس میں معیاری سلاخ رکھی ہے ، خوردبینوں کے نیچے لاؤ اور اُن کے مائکرومیٹر پیچوں کو آگے پیچھے پھراؤ ۔ یہاں تک کہ ایک خوردبین کے چلیپائی تار (Cross wire) کے نیچے اس سلاخ کا ایک نشان اور دوسری خوردبین کے چلیپائی تار کے نیچے دوسرا نشان آ جائے ۔ مائکرومیٹر کے درجوں کو پڑھو اور ان کا حاصل جمع نکالو ۔ اس دوران میں لگن کی دوھری دیوار کے درمیان پگھلتی برف کا پانی پڑا رھنا ضروری ہے ۔ اب اس لگن کو (معیاری سلاخ سمیت) پرے ہٹا لو اور اس کی بجائے دوسرے لگن کو جس میں برف کا پانی پڑا ہے اور جس کے اندر زیر تجربہ سلاخ رکھی ہے ، نیز جس کی دوھری دیوار کے درمیان برف کا چورہ پڑا ہے ، خوردبین کے نیچے لاؤ ۔ اس سلاخ کے دونوں سروں کے قریب بھی دو نشان لگے ہوئے ہیں ۔ خوردبینوں کے مائکرومیٹر پیچ کو اس طور سے پھراؤ کہ ایک ایک خوردبین کا چلیپائی تار (Cross wire) ایک نشان پر اور دوسری خوردبین کا چلیپائی تار دوسرے نشان پر فوکس ہو جائے ۔ مائکرومیٹروں کے درجوں کو پڑھو اور ان کا حاصل جمع نکالو ۔ یہ حاصل جمع پہلے حاصل جمع سے جتنا کم ہوگا اتنا ھی زیر تجربہ سلاخ کا طول (جو اس کے نشانوں کے درمیان لیا گیا ہے) ایک میٹر سے (جو معیاری سلاخ کے نشانوں کا درمیانی طول ہے) زیادہ ہوگا ۔ اس کے برعکس یہ دوسرا حاصل جمع پہلے حاصل جمع سے جتنا زیادہ ہوگا اتنا ھی زیر تجربہ سلاخ کا طول ایک میٹر سے کم ہوگا ۔ اس طرح 0°C پر زیر تجربہ سلاخ کا طول L_0 معلوم ہو جائے گا ۔

اس کی مزید تشریح کرنے کے لیے فرض کرو کہ معیاری سلاخ کی صورت میں دائیں مائکرو میٹر کا درجہ 3.47+ ہے اور بائیں مائکرو میٹر کا درجہ 4.28+ ہے اور ان دونوں کا حاصل جمع 7.75+ ہے ۔ اس سے ظاھر ہے کہ جب ان دونوں مائکرومیٹروں

کے درجوں کا حاصل جمع 7·75 + ھو تو ان کا درمیانی فاصلہ 1 میٹر ھے - اب فرض کرو کہ زیر تجربہ سلاخ کی صورت میں دائیں مائکرو میٹر کا درجہ 3·34 + اور بائیں مائکرومیٹر کا درجہ 4·15 + ھے اور ان دونوں کا حاصل جمع 7·49 ھے - یہ دوسرا حاصل جمع (7·49) پہلے حاصل جمع (7·75) سے بقدر 0·26 کے کم ھے ، اس لیے دوسری سلاخ کا طول پہلی سلاخ کے طول (100 cm) سے بقدر 0·026 زیادہ ھے اور اس وجہ سے اس دوسری سلاخ کا طول 100·026 سنٹی میٹر ھے - اور یہ L_0 کی قیمت ھے -

زیر تجربہ سلاخ کے لگن کے اندر اور اس کی دوھری دیوار کے درمیان گرم پانی ڈالو جس سے اس سلاخ کا ٹمپریچر گرم ھو کر t ھو جائے - یہ سلاخ دونوں طرف کو پھیلے گی - دونوں مائکرو میٹر پیچوں کو تھوڑا تھوڑا پیچھے ھٹاؤ یہاں تک کہ ھر خوردبین کی چلیپائی تار اس کے نیچے کے نشان پر آ جائے - مائکرومیٹر کے درجوں کی پیمائش کرو اور ان درجوں کی حاصل جمع نکالو - یہ تیسرا حاصل جمع پہلے حاصل جمع سے جتنا کم ھوگا اتنا ھی گرم سلاخ کا طول ایک میٹر یعنی 100 سنٹی میٹر سے زیادہ ھوگا - فرض کیجیے کہ گرم سلاخ کی صورت میں دائیں مائکرومیٹر کا درجہ 3·20 ملی میٹر ھے اور بائیں مائکرو میٹر کا درجہ 4.02 ملی میٹر ھے - ان دونوں کا حاصل جمع 7·22 ملی میٹر یعنی 0·722 سنٹی میٹر ھے - جو پہلے حاصل جمع 0·775 سنٹی میٹر سے بقدر 0·053 کم ھے ، اس لیے گرم سلاخ کا طول 100 سنٹی میٹر سے بقدر 0·053 زیادہ ھے یعنی یہ طول 100·053 سنٹی میٹر ھے جو L_t کی قیمت ھے - تب اگر اگر طولی پھیلاؤ کا مطلوبہ معیار α ھو تو

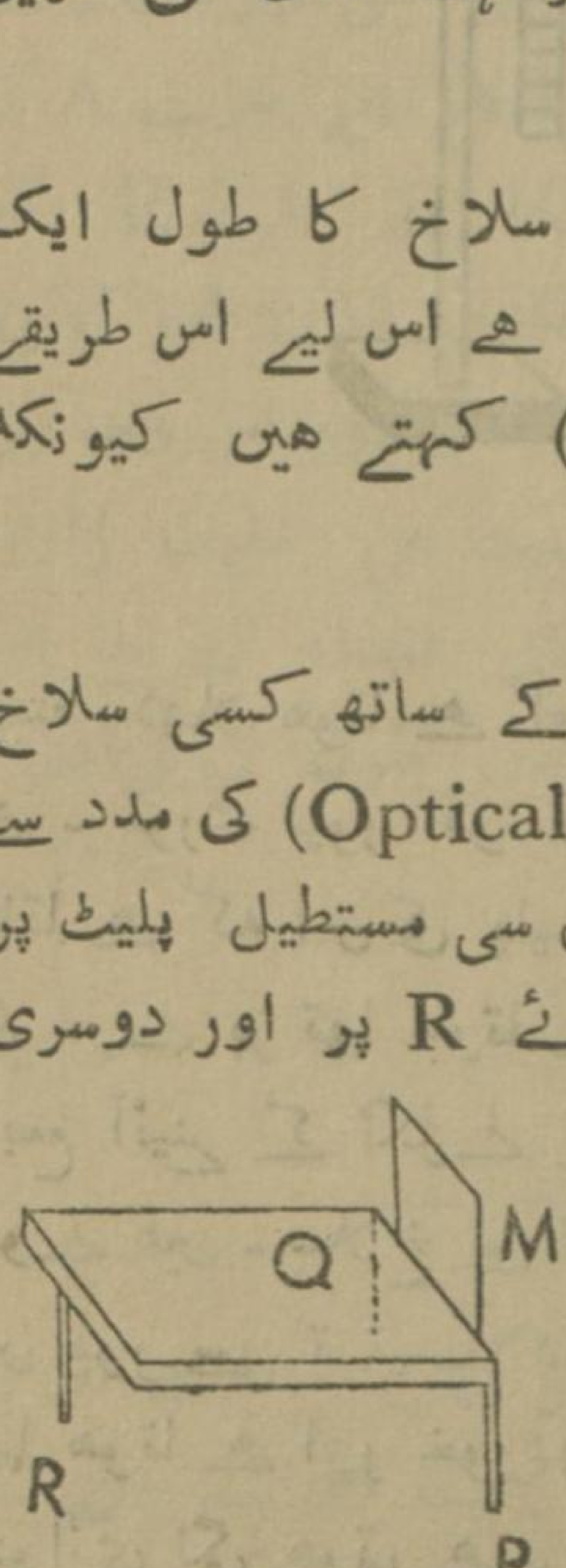
$$\alpha = \frac{L_t - L_0}{L_0\, t}$$

چونکہ اس مساوات میں دائیں طرف کی ساری رقمیں L_0 ‘ L_t اور t رقمیں معلوم کر لی گئی ھیں ، اس لیے α کی قیمت نکالی جا سکتی ھے -

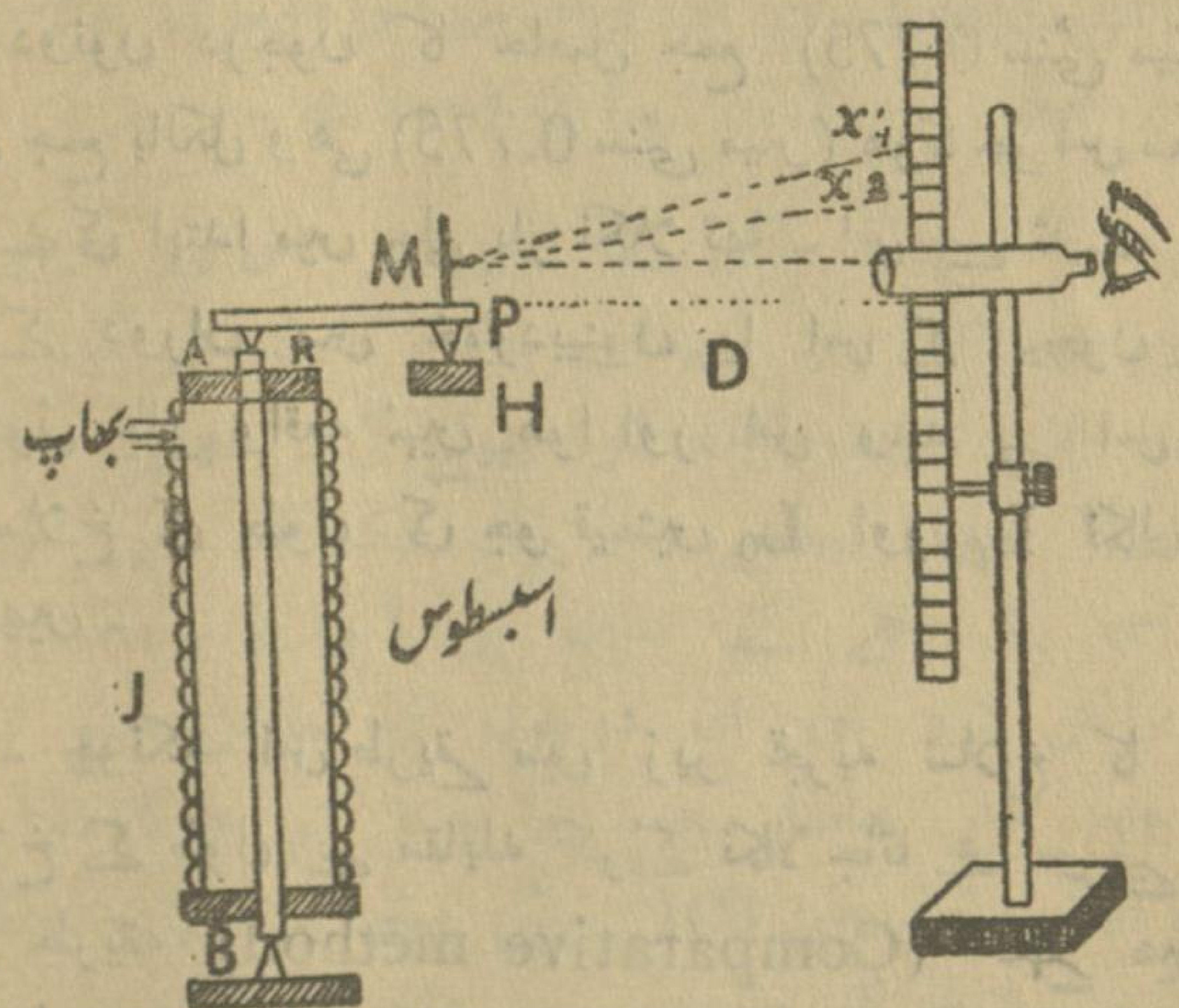
آخر میں زیر تجربہ سلاخ کے لگن کو پرے ہٹا لو اور اس کی بجائے معیاری سلاخ والے لگن کو نیچے لاؤ جب کہ اس سلاخ کا ٹمپریچر بدستور 0°C پر ہو ۔ مائکرمیٹروں کو آگے کو پھرا کر ہر خوردبین کو ایک ایک نشان پر لاؤ اور مائکرومیٹروں کے درجوں کو پڑھو ۔ فرض کرو کہ دائیں مائکرومیٹر کا درجہ 3.32 ملی میٹر یعنی 0·332 سنٹی میٹر ہے اور بائیں مائکرو میٹر کا درجہ 4·43 ملی میٹر یعنی 0·443 سنٹی میٹر ہے ۔ ان دونوں درجوں کا حاصل جمع (0·775 سنٹی میٹر) نکالو ۔ تو یہ حاصل جمع بالکل وہی (0.775 سنٹی میٹر) ہوگا جو اس معیاری سلاخ کے لیے تجربے کی ابتدا میں پہلی بار نکلا تھا ۔ اس سے ثابت ہو جائے گا کہ تجربے کے دوران میں خوردبینوں یا اس کے پیچوں میں کسی وجہ سے کوئی خلل واقعہ نہیں ہوا اوز اس وجہ سے اس تجربے میں زیر تجربہ سلاخ کی طول کی جو قیمتیں L_0 اور L_t نکالی گئی تھیں وہ درست تھیں ۔

نوٹ ۔ چونکہ اس طریقے میں زیر تجربہ سلاخ کا طول ایک معیاری سلاخ کے طول سے مقابلہ کرکے نکالا جاتا ہے اس لیے اس طریقے کو تقابلی طریقہ (Comparative method) کہتے ہیں کیونکہ تقابل کے لفظی معنی مقابلہ کرنے کے ہیں ۔

نوری لیور کا طریقہ - اس طریقے میں ٹمپریچر کے ساتھ کسی سلاخ کے طول کی زیادتی کو ایک نوری لیور (Optical lever) کی مدد سے ناپا جاتا ہے ۔ یہ نوری لیور دھات کی ایک چھوٹی سی مستطیل پلیٹ پر مشتمل ہے جو ایک طرف سے ایک نوک دار پائے R پر اور دوسری طرف دو نوک، دار پائیوں R اور Q پر تھمی ہوتی ہے ۔ اس دوسرے کنارے کے ساتھ آئینے کا ایک چھوٹا سا ٹکڑا M عموداً لگا ہوتا ہے جس کی عاکس سطح باہر کو ہوتی ہے ۔ جس سلاخ AB کے طولی پھیلاؤ کا معیار معلوم کرنا مطلوب ہو اسے دھات کی ایک چوڑی نلی U میں جو عموداً کھڑی

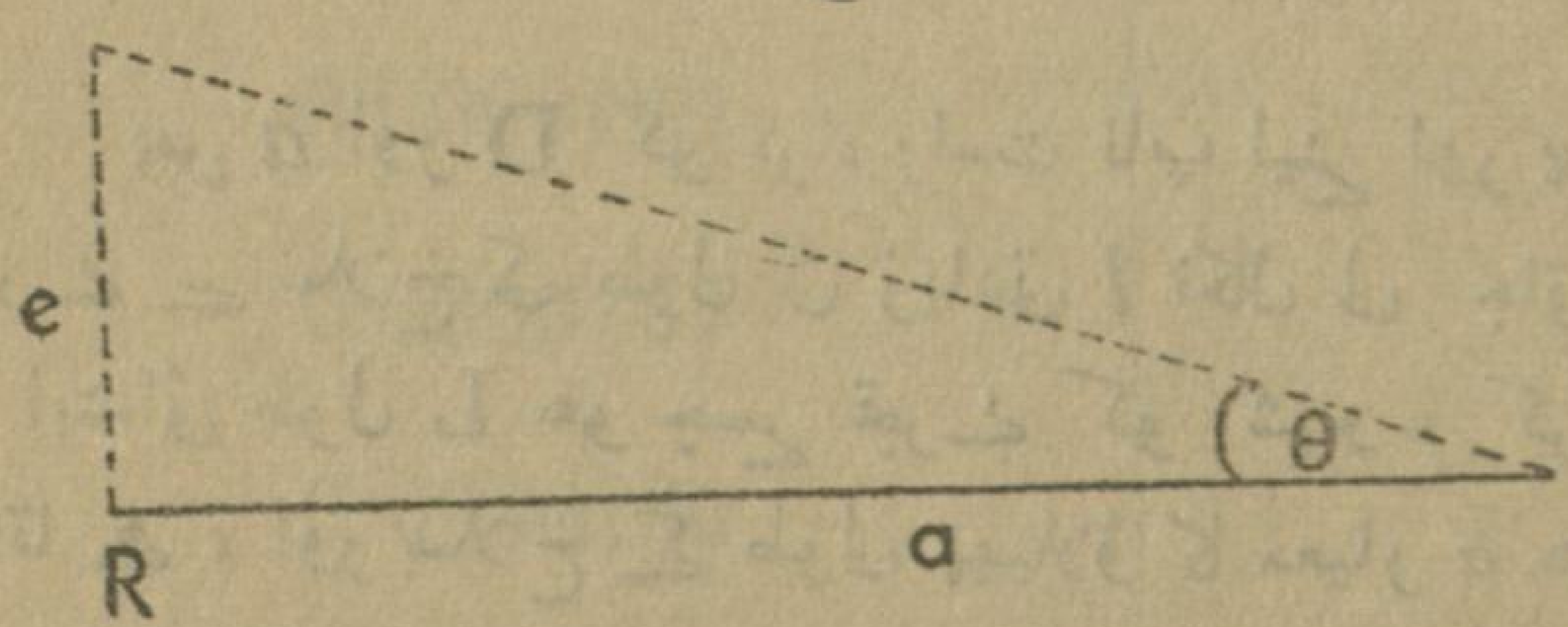


ہوتی ہے ، داخل کر دیا جاتا ہے ۔ چوڑی نلی کے دونوں مونہوں میں کارک لگے ہوتے ہیں اور سلاخ کے دونوں سرے ان کارکوں میں سے تھوڑا تھوڑا باہر کو نکلے ہوتے ہیں ۔ سلاخ AB کا نیچے کا سرا B ایک بھاری نوک دار ٹکڑے پر دھرا ہوتا ہے ۔ اس لیے ٹمپریچر کے بڑھنے پر سلاخ اس سمت میں نہیں پھیل سکتی ۔ سلاخ کا آوپر کا سرا



البتہ کھلا ہوتا ہے اور اس سمت میں سلاخ کا پھیلاؤ واقع ہو سکتا ہے ۔ نوری لیور کو آوپر کے اس حصے کے قریب اس طور سے رکھا جاتا ہے کہ اس کی پلیٹ کا اکیلا نوک دار پایہ R تو سلاخ AB کے A سرے پر تھما ہوتا ہے مگر اس پلیٹ کے دوسری جانب کے دو پائے (بمع آئینے کے ٹکڑے کے) اس سے باہر ایک علیحدہ ٹیکن H پر رکھے ہوتے ہیں ۔ سلاخ سے قریباً 1.5 میٹر کے فاصلے پر دوربین اور پیمانے کو اس طور سے ترتیب دیا جاتا ہے کہ پیمانہ تو ایک اسٹینڈ میں عموداً تھما ہوتا ہے اور خوردبین اس کے ساتھ آفقی طور پر یعنی زمین کے متوازی لگی ہوتی ہے ۔ خوردبین کو آئینے کی سمت میں اتنی ہی بلندی پر رکھا جاتا ہے جس کے باعث خوردبین کے اندر سے دیکھنے پر نگاہ

آئینے پر پڑتی ہے ۔ ابتدا میں آئینے کے نیچے کی پلیٹ کے پائے P اور Q تیسرے پائے R سے خفیف سے اونچے ہوتے ہیں جس کے باعث آئینے کا ٹکڑا ایک بہت چھوٹے سے زاویے میں پیچھے کو جھک جاتا ہے ۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ پیمانے کے اوپر کے کسی نشان x_1 سے روشنی کی جو شعاع آئینے پر پڑتی ہے وہ منعکس ہو کر دوربین میں چلی جاتی ہے اور دوربین کے اندر سے جھانکنے پر پیمانے کا نشان x_1 دکھائی دیتا ہے ۔ اس نشان کے درجے کو پڑھ لیا جاتا ہے ۔ سلاخ AB اس حالت میں کمرے کے ٹمپریچر t_1 پر ہوتی ہے جسے ایک تھرمامیٹر کے ذریعے جو اس کی چوڑی نلی میں لگا ہوتا ہے ، ناپ لیا جاتا ہے ۔ اب چوڑی نلی میں بھاپ گزاری جاتی ہے جس سے سلاخ AB بھاپ کے ٹمپریچر t_2 تک گرم ہو جاتی ہے اور یہ ٹمپریچر t_2 بھی اسی تھرمامیٹر سے معلوم کر لیا جاتا ہے ۔ گرم ہونے پر سلاخ AB اپنے سرے A کی طرف پھیلتی ہے اور نوری لیور (Optical lever) کے پائے R کو اوپر اٹھا لیتی ہے ۔ اس پر آئینے سے منعکس شعاعیں x_1M اور x_2M اس سے دگنے زاویے یعنی 2θ میں گھوم جاتی ہیں اور اس وجہ سے زاویہ x_1Mx_2 کی قیمت 2θ ہوتی ہے ۔ چونکہ θ بہت ہی خفیف زاویہ ہے اس لیے اگر نوری لیور میں P اور R کا درمیانی فاصلہ a ہو اور ٹمپریچر کے t_1 سے t_2 تک بڑھ جانے سے سلاخ میں طول کی زیادتی l



پیدا ہو گئی ہو تو نوری لیور کا سرا R بقدر l کے اوپر اٹھتا ہے اور اس وجہ سے ایک چھوٹے سے زاویے θ میں باہر کی طرف کو گھوم جاتا ہے اس کا نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ پیمانے پر نشان x_1 کی بجائے اس کے نیچے کے کسی نشان x_2 سے جو شعاعیں آئینے پر پڑتی ہیں ، وہ منعکس ہو کر دوربین میں آتی ہیں اور دوربین میں سے دیکھنے پر نشان x_2 نظر آتا ہے ۔ ان دونوں نشانوں x_1 اور x_2 کا درمیانی فاصلہ x نوٹ کر لیا

جاتا ہے ، چونکہ آئینہ M زاویے θ میں سے گھومتا ہے اس سے ہم θ
کو $\frac{l}{a}$ کے برابر لے سکتے ہیں پس

$$\theta=\frac{l}{a}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

دوسری جانب اگر دوربین اور آئینے کا درمیانی فاصلہ D ہو تو
زاویہ x_1Mx_2 یعنی 2θ کو ہم قریباً $\frac{x_1x_2}{D}$ یا $\frac{x}{D}$ کے برابر لے
سکتے ہیں - پس

$$2\theta=\frac{x}{D}$$

$$\therefore\quad \theta=\frac{x}{2D}\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

(i) اور (ii) کا مقابلہ کرنے سے

$$\frac{l}{a}=\frac{x}{2D}$$

$$\therefore\quad l=\frac{ax}{2D}$$

پس a اور D کو براہ راست ناپ لینے اور x کو تجربے سے معلوم کرنے سے سلاخ کی طول کی زیادتی l نکال لی جاتی ہے - تب اگر سلاخ کا ابتدائی طول L ہو جسے تجربے کو شروع کرنے سے پہلے ناپ لیا جاتا ہے ، اور سلاخ کے طولی پھیلاؤ کا معیار α ہو تو

$$\alpha=\frac{l}{L(t_2-t_1)}$$

اس طرح α کی مطلوبہ قیمت معلوم ہو جاتی ہے -

چونکہ اس تجربے میں l کو ناپنے کے لیے نوری طریقے سے مدد لی

جاتی ہے اس لیے l کی قیمت اتنی صحیح معلوم ہو جاتی ہے کہ سفیرومیٹر وغیرہ کے ذریعے براہ راست ناپنے پر یہ قیمت اتنی زیادہ صحیح دریافت نہیں ہو سکتی ۔ اس وجہ سے اس طریقے سے α کی جو قیمت نکلتی ہے اس کے صحیح ہونے کا معیار بہت اونچا ہوتا ہے ۔

مختلف دھاتوں کے طولی پھیلاؤ کے معیار ۔ ذیل کے نقشے میں مختلف دھاتوں کے طولی پھیلاؤ کے معیار (α) کی قیمتیں درج ہیں ۔ یہ قیمتیں $0°C$ پر صحیح ہیں ۔

دھات	طولی پھیلاؤ کا معیار
سیسہ	0·0000280
میگنیشیم	0·0000260
الومینیم	0·0000238
مینگنیز	0·0000260
چاندی	0·0000197
پیتل	0·0000189
تانبا	0·0000167
نکل	0·0000130
پلاٹینم	0·0000089
کرومیم	0·0000084
ٹنگسٹن	0·0000045

انوار (Invar) - سائنس دان مختلف مقاصد کے لیے بعض دھاتوں کو ملا کر بھرت (Alloy) بنانے کے تجربے کرتے رہتے ھیں - ان میں ایک مقصد یہ بھی ھو سکتا ھے کہ کوئی بھرت ایسا بنایا جائے جس کے طولی پھیلاؤ کا معیار α بے حد کم ھو - فرانس کے ایک سائنس دان ژی لام (Guillaume) نے ۱۸۹۷ء میں ایک ایسا بھرت (Alloy) بنا لیا اور اس کا نام انوار (Invar) رکھا جس کے لفظی معنی 'نا قابل تبدیل' کے ھیں - یہ فولاد اور نکل کا ایک بھرت ھے جو 64 فی صد فولاد اور 36 فی صد نکل کی آمیزش سے بنایا جاتا ھے - اس کے طولی پھیلاؤ کا معیار 0·0000009 ھے جو عام دھاتوں سے بے حد کم ھے - موجودہ زمانے میں طول کی پیمائش کے لیے دھات کے جو اعلیٰ درجے کے پیمانے ٹیپ (Tape) کی صورت میں بنائے جاتے ھیں اور جو قدیم زمانے کی جریب کا قائم مقام ھیں ، اکثر اوقات انوار (Invar) کے بنائے جاتے ھیں جس کا فائدہ یہ ھے کہ ان پیمانوں کا طول موسمی ٹمپریچر کے بڑھنے گھٹنے کے باوجود عملی طور پر یکساں رھتا ھے - علاوہ ازیں قیمتی کلاکوں اورگھڑیوں میں بھی انوار (Invar) کا استعمال کیا جاتا ھے جس کے باعث یہ کلاک اور گھڑیاں ھر موسم میں ایک سا وقت دیتی رھتی ھیں -

مختلف ٹمپریچروں پر طولی پھیلاؤ کے معیار میں کمی بیشی - طولی پھیلاؤ کے متعلق مساوات $L_t = L_0(1+\alpha t)$ جس کا ذکر پہلے آ چکا ھے اس مفروضے پر مبنی ھے کہ کسی شے کے طولی پھیلاؤ کا معیار تمام ٹمپریچروں پر ایک مستقل قیمت رکھتا ھے - جہاں تک 0°C سے 100°C تک کسی شے کے طولی پھیلاؤ کے معیار کا تعلق ھے ، یہ معیار بڑی حد تک مستقل اور یکساں رھتا ھے ، یعنی اس کی جو قیمت 0°C اور 1°C کے درمیان ھوتی ھے ، وھی 50°C اور 51°C کے درمیان یا 100°C اور 101°C کے درمیان رھتی ھے لیکن بہت اونچے ٹمپریچروں مثلاً 400°C یا 600°C وغیرہ پر اس معیار کی قیمت بڑھ جاتی ھے ، یعنی اس معیار کی جو قیمت 400°C اور 401°C کے درمیان ھوتی ھے وہ 0°C اور 1°C کے درمیان کی قیمت سے کافی

زیادہ ہوتی ہے ۔ اس کے برعکس بہت چھوٹے ٹمپریچروں مثلاً 100°C –
یا 150°C – وغیرہ پر اس معیار کی قیمت گھٹ جاتی ہے یعنی اس معیار
کی جو قیمت 100°C– اور 101°C – کے درمیان ہوتی ہے وہ 0°C
اور 1°C کے درمیان کی قیمت سے کافی کم ہوتی ہے ۔ زیادہ نیچے
ٹمپریچروں پر جاتے ہوئے یہ قیمت اور بھی گھٹتی ہے اور مطلق صفر
273°C– کے قریب پہنچ کر قریباً معدوم ہو جاتی ہے ۔

بہت اونچے اور بہت نیچے ٹمپریچروں پر طولی پھیلاؤ کے معیار
میں کمی بیشی کا اندازہ مندرجہ ذیل مثال سے ہو سکتا ہے ۔

تانبے کے پھیلاؤ کا معیار 0°C اور 1°C کے درمیان 0.0000161
اور 100°C اور 101°C کے درمیان 0·0000169 ہوتا ہے مگر
400°C اور 401°C کے درمیان یہ 0.0000193 ہو جاتا ہے اور
600°C اور 601°C کے درمیان 0.0000209 تک بڑھ جاتا ہے ۔
اس کے برعکس 87°C– اور 88°C– کے درمیان اس کی قیمت
گھٹ کر 0.0000141 ہو جاتی ہے ۔

عام الفاظ میں جب ہم کسی شے کے طولی پھیلاؤ کے معیار کا ذکر
کرتے ہیں تو اس سے معیار کی وہ قیمت مراد ہوتی ہے جو 0°C اور
100°C کے درمیان پائی جاتی ہے اور جو قریباً مستقل رہتی ہے ۔

طولی پھیلاؤ کی عمومی مساوات ۔ چونکہ بہت اونچے یا بہت
نیچے کے ٹمپریچروں تک جاتے جاتے طولی پھیلاؤ کے معیار کی قیمت کافی
بڑھتی اور کافی گھٹتی جاتی ہے اس لیے اگر مندرجہ ذیل مساوات

$$L_t = L_0(1 + \alpha t)$$

میں t کی قیمت بہت زیادہ مثلاً 600°C یا 400°C لی جائے یا t کی
یہ قیمت بہت کم مثلاً 100°C – یا 200°C – لی جائے تو یہ
مساوات درست نہیں رہتی ۔ اس صورت میں ذیل کی مساوات کو
استعمال کیا جا سکتا ہے ۔

$$L_t = L_0(1 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2 + \alpha_3 t^3)$$

جب کہ α_1 ، α_2 اور α_3 علیحدہ علیحدہ مستقل ہوں ۔

گرونی سن کا قانون (Gruneisen Law) - جس طرح دھاتوں کے طولی پھیلاؤ کے معیار کی قیمت اونچے ٹمپریچروں پر زیادہ اور نیچے کے ٹمپریچروں پر کم ہوتی ہے، اسی طرح دھاتوں کی حرارت مخصوصہ (Specific heat) کی قیمت بھی اونچے ٹمپریچروں پر بڑھی ہوئی اور نیچے کے ٹمپریچروں پر گھٹی ہوئی ہوتی ہے - اس سے ایک سائنس دان گرونی سن (Gruneisen) نے یہ قانون نکالا کہ **ایک دھات کے طولی پھیلاؤ کے معیار اور مستقل دباؤ پر اس کی حرارت مخصوصہ کی باہمی نسبت ہر ٹمپریچر پر مستقل رہتی ہے -**

اس کی تفصیل حسب ذیل مثالوں سے ظاہر ہوتی ہے :

تانبے کے لیے

$\frac{\alpha}{S}$	حرارت مخصوصہ (S)	طولی پھیلاؤ کا معیار α	ٹمپریچر $t°C$
0·00018	0·091	0·0000161	0
0·00018	0·094	0·0000169	100
0·00018	0·107	0·0000179	400
0·00017	0·081	0·0000141	−100

اس نقشے سے ظاہر ہوتا ہے کہ تانبے کے لیے α کی قیمتیں اگرچہ 0°C ، 100°C ، 400°C اور −100°C پر مختلف ہیں اور یہی حال S کا ہے، مگر α اور S کی نسبت ، یعنی $\frac{\alpha}{S}$ کی قیمت ہر ٹمپریچر کے لیے قریباً برابر ہے -

الومینم کے لیے

$\frac{\alpha}{C_p}$	C_p	α	$t°C$
0·00011	0·208	0·0000230	0
0·00011	0·222	0·0000249	100
0·00012	0·244	0·0000290	300
0·00011	0·167	0·0090180	−100

چاندی کے لیے

$\frac{\alpha}{S}$	S	α	t°C
0·00033	0·056	0·0000183	0
0·00033	0·058	0·0000192	100
0·00035	0·066	0·0000231	300
0·00033	0·052	0·0000171	−87

پلاٹینم کے لیے

$\frac{\alpha}{S}$	S	α	t°C
0·00028	0·032	0·0000089	0
0·00028	0·033	0·0000092	100
0·00027	0·042	0·0000112	875
0·00027	0·029	0·0000079	−100

الومینم ، چاندی اور پلاٹینم کے مندرجہ بالا نقشوں سے بھی یہ بات ثابت ہو جاتی ہے کہ اگرچہ ان دھاتوں کے لیے ٹمپریچروں پر طولی پھیلاؤ کے معیار (α) کی قیمتیں مختلف ہیں اور یہی حال ان کی حرارت مخصوصہ (S) کی قیمتوں کا ہے ، لیکن α اور S کی باہمی نسبت یعنی $\frac{\alpha}{S}$ ہر دھات کی صورت میں مستقل ہے - یہی بات دیگر دھاتوں پر صادق آتی ہے جس سے **گرونی سن کے قانون** (Gruneisen's law) کی تجرباتی تصدیق ہو جاتی ہے -

ہم اطرافی اور نا ہم اطرافی اشیا - جہاں تک طولی پھیلاؤ کا تعلق ہے ، مختلف اشیا جن میں دھاتیں اور کرسٹل دونوں شامل ہیں ، دو قسموں میں منقسم کی جا سکتی ہیں ؛ ان میں ایک قسم **ہم اطرافی** (Isotropic) اشیا کی اور دوسری قسم **نا ہم اطرافی** (Insotropic) اشیا کی ہے -

هم اطرافی (Isotropic) شے ۔ هم اطرافی (Isotropic) شے سے وہ شے مراد ہے جس کو گرم کیا جائے تو اس کا طولی پھیلاؤ لمبائی وار ، چوڑائی وار اور موٹائی وار برابر ہوتا ہے یعنی ٹمپریچر کے ساتھ وہ تمام اطراف میں یکساں شرح سے پھیلتی ہے ۔ دھاتیں مثلاً تانبا ، چاندی ، فولاد ، پلاٹینم وغیرہ اس قسم میں داخل ہیں ۔ ان کے لیے طولی پھیلاؤ کے معیار کی قیمت ہر طرف ایک ہی ہوتی ہے جسے α سے تعبیر کیا جاتا ہے ۔

نوٹ : گذشتہ صفحات میں طولی پھیلاؤ پر جو بحث ہوئی ہے ، وہ هم اطرافی اشیا ہی کے متعلق تھی ۔

نا هم اطرافی (Anisotropic) شے ۔ ناهم اطرافی (Anisotropic) شے سے وہ شے مراد ہے جس کو جب گرم کیا جائے تو اس کا پھیلاؤ ایک خاص سمت میں (مثلاً لمبائی وار) جو کچھ ہوتا ہے ایک دوسری سمت میں (مثلاً چوڑائی وار) وہ اس سے مختلف ہوتا ہے اور ایک تیسری سمت میں (مثلاً موٹائی وار) وہ اس سے بھی مختلف ہو سکتا ہے ۔ دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ یہ شے تمام اطراف میں یکساں شرح سے نہیں پھیلتی ، اکثر کرسٹل اس قسم میں داخل ہیں ۔

ہر کرسٹل میں تین خاص سمتیں ایسی ہوتی ہیں جن میں کرسٹل کا پھیلاؤ ہموار مگر تین مختلف شرحوں سے ہوتا ہے ۔ ان سمتوں کو **پھیلاؤ کے بڑے محور** (Principal axes of dilatation) کہتے ہیں ۔ اگر کسی کرسٹل کو ان محوروں کی سمت میں تراش کر ایک مکعب بنایا جائے ، یعنی دوسرے لفظوں میں اگر کرسٹل کا ایک ایسا مکعب لیا جائے جس کے ضلعے ان تین محوروں کے متوازی ہوں اور پھر ان کو گرم کیا جائے تو کرسٹل کے ضلعے مختلف شرحوں سے پھیلتے ہیں اور اس کی شکل اس پھیلاؤ کے بعد مکعب کی بجائے ایک متوازی السطوح (Parallelopiped) کی ہو جاتی ہے ۔ چونکہ کرسٹل کا پھیلاؤ ان تین اطراف میں مختلف ہوتا ہے اس لیے تینوں بڑے محوروں کے رخ میں ان کے طولی پھیلاؤ کے مختلف معیار ہوتے ہیں ، انھیں بالترتیب α_1 ، α_2 اور α_3 سے تعبیر کیا جاتا ہے ۔

نا ہم اطراف شے کی صورت میں حجمی پھیلاؤ کے معیار اور طولی پھیلا کے معیاروں میں تعلق - کسی نا ہم اطراف (Anisotropic) شے مثلاً کرسٹل کے ایک مکعب کو زیر غور لاؤ ، جس کا ہر ضلع 0°C پر l_0 ہو اور جس کے طولی پھیلاؤ کے معیار اس کے ضلعوں کی سمتوں میں بالترتیب α_1 ، α_2 اور α_3 ہوں - اس مکعب کو 0°C سے t°C تک گرم کرو تو اس کے تینوں ضلعے پھیل کر بالترتیب $l_0(1+\alpha_1 t)$ ، $l_0(1+\alpha_2 t)$ اور $l_0(1+\alpha_3 t)$ ہو جائیں گے - اب اگر اس مکعب کا حجم 0°C پر V_0 اور t°C پر V_t ہو تو

$$V_0 = l_0^3$$

$$V_t = l_0(1+\alpha_1 t) \times l_0(1 \times \alpha_2 t) \times l_0(1+\alpha_3 t)$$

$$= l_0^3(1+\alpha_1 t)(1+\alpha_2 t)(1+\alpha_3 t)$$

$$= V_0(1+\alpha_1 t)(1+\alpha_2 t)(1+\alpha_3 t)$$

$$= V_0(1+\alpha_1 t+\alpha_2 t+\alpha_3 t+$$

ایسی رقمیں جن میں α_1 ، α_2 اور α_3 کی بڑی طاقتیں آتی ہیں جو ، α_1 α_2 اور α_3 کے بے حد قلیل ہونے کے باعث نظر انداز کر دینے کے قابل ہیں -

$$\therefore \quad V_t = V_0(1+\alpha_1 t+\alpha_2 t+\alpha_3 t)$$

یا $$V_t = V_0 + V_0 t(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)$$

یا $$V_t - V_0 = V_0 t(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)$$

یا $$\frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \alpha_1+\alpha_2+\alpha_3 \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اب فرض کیجیے کہ اس کرسٹل کے حجمی پھیلاؤ کا معیار γ ہے ، اس معیار کی قیمت طولی پھیلاؤ کے معیاروں سے مختلف ہونے کے باوجود ایک ہی ہو گی - تب حجمی پھیلاؤ کے معیار کی تعریف کے مطابق

$$\gamma = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} \ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

(*ii*) کو (*i*) میں شامل کرنے سے

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$$

اس سے ظاہر ہے کہ کسی نا ہم اطرافی شے مثلاً کرسٹل کے حجمی پھلاؤ کا معیار اس کے طولی پھیلاؤ کے تین معیاروں کے مجموعے کے برابر ہوتا ہے۔

کرسٹل کا پھیلاؤ۔ حرارت سے پھیلاؤ کے لحاظ سے مختلف اشیا کے کرسٹل مختلف رویہ رکھتے ہیں۔ یہ بات مندرجہ ذیل مثالوں سے ظاہر ہے۔

آئس لینڈ سپار (Iceland spar) یعنی کیل سائٹ (Calcite) گرم کرنے پر ایک محور کے ساتھ پھیلتا ہے اور باقی محوروں کے ساتھ سکڑتا ہے، یعنی اس کرسٹل کے لیے α_1 مثبت اور α_2 اور α_3 دونوں منفی ہوتے ہیں۔ اس لیے

$$\gamma = \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3$$

البتہ یہ صحیح ہے کہ اس کے پھیلاؤ کے مقابلے میں اس کا سکڑاؤ بہت خفیف ہوتا ہے یعنی α_1 کے مقابلے میں $-\alpha_2$ اور $-\alpha_3$ کی قیمتیں بہت قلیل ہوتی ہیں۔ جس کا نتیجہ یہ ہے کہ گرم کرنے پر اس کا حجم مجموعی طور پر بڑھتا ہے اور اس وجہ سے γ کی قیمت مثبت ہی رہتی ہے۔

ہیرے (Diamond) کے طولی پھیلاؤ کا معیار تینوں اطراف میں برابر ہوتا ہے، یعنی اس کے لیے α_1 ، α_2 اور α_3 تینوں کی قیمتیں برابر ہوتی ہیں اور یہ قیمت 00·00000118 ہوتی ہے۔

$$\therefore \quad \gamma = 3\alpha_1 = 3 \times 0{\cdot}00000118 = 0{\cdot}00000354$$

زمرد (Emerald) کے طولی پھیلاؤ کا معیار پہلے محور کے ساتھ منفی اور دوسرے دونوں محوروں کے ساتھ مثبت ہوتا ہے۔ علاوہ ازیں یہ دونوں مثبت معیار آپس میں برابر ہوتے ہیں۔ چنانچہ منفی معیار α_1 کی قیمت $-0{\cdot}00000106$ اور ہر مثبت معیار (α_2 یا α_3) کی قیمت $+0{\cdot}00000137$ ہوتی ہے۔

$$\therefore \quad \gamma = \alpha_1 + 2\alpha_2 = -0{\cdot}00000106 + 2 \times 0{\cdot}00000137$$
$$0{\cdot}00000274 - 0{\cdot}00000106 = 0{\cdot}00000168$$

کوارٹز (Quartz) کے طولی پھیلاؤ کا معیار پہلے محور کے ساتھ 0·0000075 اور دوسرے دونوں محوروں کے ساتھ 0.0000137 ہوتا ہے یعنی اس کے لیے α_1 کی قیمت 0·0000075 ہوتی ہے اور α_2 اور α_3 میں سے ہر ایک کی قیمت 0·0000137 ہوتی ہے ۔

کسی کرسٹل کے طولی پھلاؤ کا معیار معلوم کرنا ۔ کسی کرسٹل (Crystal) کے طولی پھیلاؤ کا معیار عام طریقوں سے جن کا ذکر اوپر کیا گیا ہے ، نکالا نہیں جا سکتا ۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ کرسٹل کا یہ طولی پھیلاؤ جس کی عملی طور پر پیمائش کرنی پڑتی ہے بے حد خفیف ہوتا ہے ۔ اس کے تین اسباب ہیں :

(اول) کرسٹل کا پھیلاؤ کا معیار خود ہی بہت کم ہوتا ہے ۔

(دوم) کرسٹل جو عام طور پر دستیاب ہو سکتے ہیں ، بہت چھوٹے سائز کے ہوتے ہیں ۔

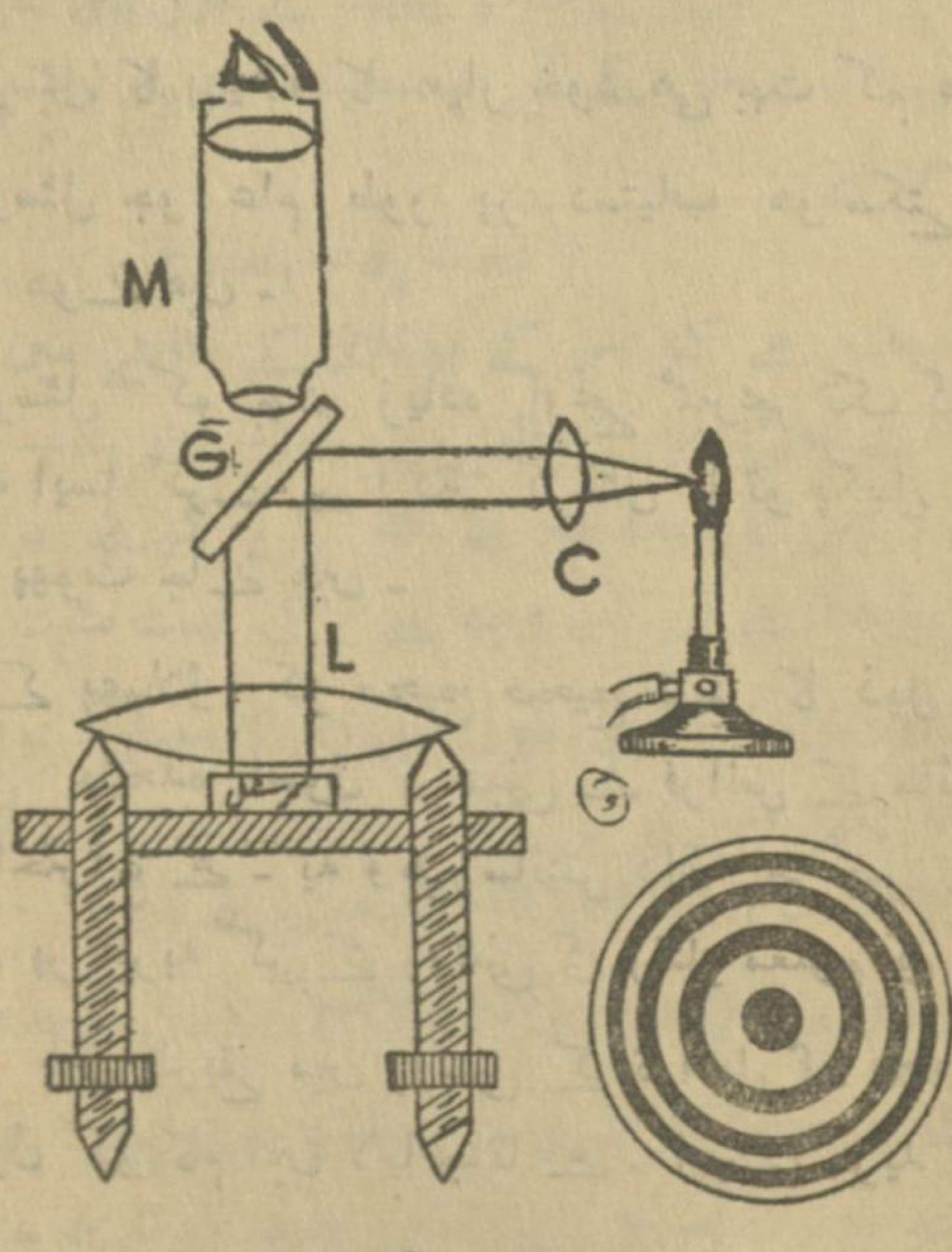
(سوم) کرسٹل کو بہت زیادہ اونچے ٹمپریچر تک گرم نہیں کیا جا سکتا کیونکہ ایسا کرنے سے اکثر کرسٹل یا تو پگھل جاتے ہیں یا تڑک کر ٹوٹ پھوٹ جاتے ہیں ۔

کرسٹل کے پھیلاؤ کو صحیح صحیح ناپنے کا ذیل کا طریقہ جو ایک بالکل ہی علیحدہ اصول پر مبنی ہے فرانس کے سائنس دان فیزیو (Fizeau) کی اختراع ہے ۔ یہ وہی سائنس دان ہے جس نے سب سے پہلے روے زمین پر تجربہ کر کے روشنی کی رفتار معلوم کی تھی ۔

فیزیو کے اس طریقے میں روشنی کے تداخل (Interference of light) کے اصول کو کام میں لایا جاتا ہے ۔ اس کی مزید تفصیل حسب ذیل ہے ۔

دیے ہوئے کرسٹل کی اوپر اور نیچے کی سطحوں کو مناسب طور پر رگڑا جاتا ہے ، جس سے یہ سطحیں بالکل شفاف سطح (Plane) اور ایک دوسرے کے متوازی ہو جاتی ہیں ۔ پھر اس کرسٹل کو ایک چھوٹی سی چوکی پر جس کی اوپر کی سطح بالکل مسطح ہوتی ہے ، رکھ

دیا جاتا ہے - یہ چوکی پلاٹینم کے تین پیچوں کے ذریعے تھمی ہوتی ہے اور ان پیچوں کے اوپر ایک عدسہ یعنی لینز (Lens) رکھا ہوتا ہے۔ پیچوں کو پھرانے سے عدسے کو اونچا یا نیچا کیا جا سکتا ہے۔ تجربہ کرنے کے لیے ان پیچوں کو اس طور سے پھرایا جاتا ہے کہ عدسہ نیچے کی طرف آ کر کرسٹل کی اوپر کی سطح کے نہایت قریب ہو جاتا ہے اور درمیان میں سے عدسے کی نیچے کی سطح اور کرسٹل کی اوپر کی سطح کے درمیان بے حد قلیل فاصلہ رہ جاتا ہے البتہ چونکہ عدسے کی نیچے کی سطح کروی (Spherical) ہوتی ہے اس لیے یہ فاصلہ باہر کی طرف جاتے ہوئے دائروں میں بہ تدریج بڑھتا جاتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب



یہ ہے کہ عدسے کی نیچے کی سطح اور کرسٹل کی اوپر کی سطح کے درمیان ہوا کی ایک فلم مقید ہو جاتی ہے۔ یہ فلم درمیان میں بے حد پتلی ہوتی ہے لیکن باہر کی طرف جاتے ہوئے اس کی موٹائی دائروں میں بہ تدریج زیادہ ہوتی جاتی ہے۔ اس فلم پر اگر اوپر سے یک رنگی (monochromatic) روشنی ڈالی جائے تو اس روشنی کی شعاعیں کچھ

تو عدسے کی نیچے کی سطح سے اور کچھ کرسٹل کی آوپر کی سطح سے منعکس ہو کر آوپر آتی ھیں - ان دونوں طرح کی منعکس شعاعوں کے درمیان تداخل (Interference) کا عمل واقع ھوتا ھے جس کے باعث آوپر سے دیکھنے پر متعدد ھم مرکز سفید اور سیاہ چھلے نظر آتے ھیں - انھیں نیوٹن کے چھلے (Newton's rings) کہتے ھیں - نیوٹن کے ان چھلوں کو پیدا کرنے اور پھر ان کا مشاھدہ کرنے کے لیے ذیل کا انتظام کیا جاتا ھے - ایک بنسن برنر کو میز پر ایک طرف جلا کر رکھا جاتا ھے اور اس کے شعلے میں اسبسطوز کا ایک ٹکڑا عام نمک یعنی سوڈیم کلورائڈ کے محلول میں ڈبو کر داخل کیا جاتا ھے - اس سے شعلے کا رنگ زرد ھو جاتا ھے یعنی اس میں سے زرد رنگ کی روشنی نکلنے لگتی ھے - یہ روشنی یک رنگ (Monochromatic) ھوتی ھے اور چونکہ یہ سوڈیم کے ایک نمک (یعنی سوڈیم کلورائڈ) کے محلول کی مدد سے حاصل کی جاتی ھے اس لیے اس کو سوڈیم روشنی (Sodium light) کہتے ھیں - شعلے کے قریب ایک محدب عدسہ (Convex lens) c اس طور سے رکھا جاتا ھے کہ یہ شعلہ خود اس عدسے کے فوکس (Focus) یعنی نقطۂ ماسکہ پر آ جاتا ھے - اس طرح روشنی کی جو شعاعیں شعلے سے اس عدسے پر پڑتی ھیں وہ عدسے میں سے گزر جانے کے بعد متوازی ھو جاتی ھیں - ان متوازی شعاعوں کو شیشے کی ایک پلیٹ G پر پڑنے دیا جاتا ھے جو ان کے راستے میں آڑے رخ یعنی اُفق کے ساتھ 45 درجے کا زاویہ بنائے ھوئے رکھی ھوتی ھے - یہ شعاعیں جزوی طور پر اس پلیٹ پر سے منعکس ھو کر عموداً نیچے کو جاتی ھیں جہاں ان کی راہ میں اصلی محدب عدسہ L پلاٹینم کے پیچوں پر دھرا ھوا اور اس کے نیچے کرسٹل اپنی چوکی پر پڑا ھوا موجود ھوتے ھیں - یہ عمودی شعاعیں (جیسا کہ پہلے بیان ھو چکا ھے) کچھ تو کرسٹل کی آوپر کی سطح سے اور کچھ عدسے کی نیچے کی سطح سے منعکس ھو کر آوپر کو جاتی ھیں جہاں ان کے باھمی تداخل (Interference) سے نیوٹن کے سیاہ اور سفید چھلے (Rings) پیدا ھوتے ھیں - ان عمودی شعاعوں کی راہ میں شیشے کی پلیٹ G کے آوپر ایک خوردبین M

نیچے کے رخ نصب کی ہوتی ہے، جس کو فوکس کرنے سے اس کے اندر سے نیوٹن کے مذکورہ چھلے (Rings) واضح طور پر سفید اور سیاہ دائروں کی صورت میں دکھائی دیتے ہیں۔ کرسٹل اور عدسہ مع چوکی کے دوہری دیوار کے ایک چوڑے برتن میں رکھے ہوتے ہیں۔ اس دیوار میں پہلے تو عام ہوا ہوتی ہے اور کرسٹل کا ٹمپریچر بھی کمرے کا ٹمپریچر t_1 ہوتا ہے۔ اس کے بعد دھرائی دیوار کے درمیان سے گرم ہوا کی ایک رو بہنے دی جاتی ہے۔ اس سے کرسٹل کا ٹمپریچر بڑھتا جاتا ہے جس کی پیمائش ایک تھرمامیٹر سے جو کرسٹل کے قریب موجود ہوتا ہے، کر لی جاتی ہے۔ کرسٹل کے ٹمپریچر کے بڑھنے سے وہ اوپر کی طرف پھیلتا ہے جس سے کرسٹل اور عدسے کے درمیان کا فاصلہ کم ہوتا جاتا ہے۔ یہ صحیح ہے کہ ٹمپریچر کے بڑھنے سے پلاٹینم کے پیچ بھی اوپر کو پھیلتے ہیں جن پر عدسہ پڑا ہوتا ہے اور اس وجہ سے کرسٹل اور عدسے کا فاصلہ کچھ زیادہ ہو جاتا ہے، مگر چونکہ کرسٹل کے پھیلاؤ کے مقابلے میں پلاٹینم کے پیچوں کا پھیلاؤ کم ہوتا ہے اس لیے مجموعی طور پر ٹمپریچر کے بڑھنے سے کرسٹل اور عدسے کے درمیانی فاصلے میں بتدریج کمی ہی پیدا ہوتی ہے۔ ادھر جوں جوں یہ فاصلہ کم ہوتا ہے خوردبین میں سے دیکھنے پر سفید اور سیاہ چھلے باھر کو حرکت کرتے نظر آتے ہیں اور اگر خوردبین کے ایک چلیپائی تار (Cross wire) پر جو عموداً واقع ہو نظر جائی جائے تو یہ چھلے یکے بعد دیگرے اس تار کو عبور کرتے دکھائی دیتے ہیں۔ تداخل کے نظریے (Theory of Interference) سے (جس کا تفصیلی تذکرہ روشنی کی کتاب میں ملے گا) یہ بات ثابت ہے کہ جب عدسے اور کرسٹل کے درمیانی فاصلے میں $\frac{\lambda}{2}$ کی کمی آتی ہے جب کہ λ یک رنگ کا طول موج (Wave length) ہو تو ایک چھلا تار کو عبور کرتا ہے۔ ان عبور کرنے والے چھلوں کی ایک ایک کر کے گنتی کی جاتی ہے اور جب ان کی ایک معقول تعداد n تار کے پار گزر چکتی ہے تو مزید حرارت پہنچانا بند کر دیا جاتا ہے اور کرسٹل کے قریب کے تھرمامیٹر کو پڑھ کر اس کا

ٹمپریچر معلوم کیا جاتا ہے ۔ اس سے یہ بات عیاں ہے کہ کرسٹل کے ٹمپریچر کے t_1 سے t_2 تک بڑھنے پر کرسٹل اور عدسے کے درمیان جو کمی مجموعی طور پر آتی ہے وہ $\frac{n\lambda}{2}$ کے برابر ہوتی ہے ۔ اب اگر کرسٹل کی لمبائی نیچے سے اوپر کو l ہو اور کرسٹل کے طولی پھیلاؤ کا معیار α ہو تو کرسٹل کے پھیلاؤ سے عدسے اور کرسٹل کے درمیان فاصلے کی جو کمی آتی ہے وہ $l\alpha(t_2-t_1)$ کے برابر ہوتی ہے ۔ اُدھر اگر پلاٹینم کے پیچ کا طول l_1 ہو اور اس کے طولی پھیلاؤ کا معیار α_1 ہو تو پیچوں کے پھیلاؤ سے عدسے اور کرسٹل کے درمیان فاصلے کی جو زیادتی پیدا ہوتی ہے وہ $l_1\alpha_1(t_2-t_1)$ کے برابر ہے ، اس وجہ سے مجموعی طور پر عدسے اور کرسٹل کے درمیان فاصلے کی جو کمی پیدا ہوتی ہے وہ

$$l\alpha(t_2-t_1)-l_1\alpha_1(t_2-t_1)$$

ہے۔ چونکہ یہ کمی $\frac{n\lambda}{2}$ کے برابر ہے اس لیے

$$l\alpha(t_2-t_1)-l_1\alpha_1(t_2-t_1)=\frac{n\lambda}{2}\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

پیچوں کے پھیلاؤ سے پیدا ہونے والی فاصلے کی زیادتی $l_1\alpha_1(t_2-t_1)$ کو دریافت کرنے کے لیے یہ تجربہ کرسٹل کے بغیر دھرایا جاتا ہے ۔ اس کی صورت یہ ہے کہ پیچوں کو الٹا گھما کر عدسے کو چوکی کی سطح کے بہت قریب لایا جاتا ہے جب کہ چوکی اور عدسے کا ٹمپریچر t_1 ہوتا ہے ۔ عدسے اور چوکی کے درمیان (جو شیشے ہی کی ہوتی ہے) منعکس شعاعوں کے تداخل (Interference) سے نیوٹن کے چھلے (Newtons rings) نمودار ہو جاتے ہیں اور خوردبین میں سے نظر آنے لگتے ہیں ۔ اب پہلے کی طرح چوکی اور عدسے کا ٹمپریچر بڑھنے دیا جاتا ہے جس سے پیچ پھیلتے ہیں اور چوکی اور عدسے کا درمیانی فاصلہ بتدریج زیادہ ہوتا ہے ۔ اس پر چھلے عمودی چلیپائی تار (Cross wire) کے آر پار الٹی طرف حرکت کرتے دکھائی دیتے ہیں ۔ ان کی گنتی کی جاتی ہے اور

جب تک ٹمپریچر بڑھ کر t_2 تک پہنچ جائے تار کے پار گزرنے والے چھلوں کی تعداد n_1 معلوم کر لی جاتی ہے ۔ تب

$$l_1\alpha_1(t_2-t_1)=\frac{n_1\lambda}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

(ii) کو (i) میں شامل کرنے سے

$$l\alpha(t_2-t_1)-\frac{n_1\lambda}{2}=\frac{n\lambda}{2}$$

یا
$$l\alpha(t_2-t_1)=\frac{n\lambda}{2}+\frac{n_1\lambda}{2}$$

یا
$$l\alpha(t_2-t_1)=\frac{(n+n_1)\lambda}{2}$$

$$\therefore \qquad \alpha=\frac{(n+n_1)\lambda}{2l(t_2-t_1)}$$

چونکہ اس مساوات میں دائیں طرف کی رقموں میں سے λ یعنی سوڈیم روشنی کے طول موج (Wave length) کی قیمت 6×10^{-5} سنٹی میٹر ہوتی ہے ، l ، t_1 اور t_2 کی پیمائش براہ راست کر لی جاتی ہے اور n اور n_1 تجربے سے معلوم کر لیے جاتے ہیں ، اس لیے کرسٹل کے طولی پھیلاؤ کا معیار α نکالا جا سکتا ہے ۔

فیزیو (Fizeau) کے طریقے میں ٹیوٹن (Tutton) کی اصلاح - فیزیو (Fizeau) کے مذکورہ بالا طریقے میں ایک سائنس دان ٹیوٹن (Tutton) نے ایسی اصلاح کی جس سے پلاٹینم کے پیچوں کے پھیلاؤ کا اثر عملی طور پر نابود ہوگیا ۔ ٹیوٹن کے اس اصلاح یافتہ طریقے میں چوکی پر الومینیم کی ایک پلیٹ دھری ہوتی ہے اور کرسٹل کو چوکی کی بجائے اس پلیٹ پر رکھا جاتا ہے ۔ اس پلیٹ کی موٹائی اتنی لی جاتی ہے کہ ٹمپریچر کے بڑھنے سے اس میں جو پھیلاؤ اوپر کی جانب پیدا ہوتا ہے وہ اس پھیلاؤ کے عین برابر ہوتا ہے جو پیچوں میں اوپر کی ہی جانب پیدا ہوتا ہے ۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ پیچوں کے پھیلاؤ

سے عدسہ جس قدر اوپر اٹھتا ہے الومینیم کی پلیٹ کے پھیلاؤ سے کرسٹل بھی اتنا اوپر اٹھ جاتا ہے ۔ اس طرح پیچوں کے پھیلاؤ سے عدسے اور کرسٹل کے درمیان فاصلے کا فرق پیدا ہونے نہیں پاتا بلکہ یہ فرق صرف کرسٹل کے اپنے پھیلاؤ کے باعث ہی پیدا ہوتا ہے ۔ اس صورت میں

$$l\alpha(t_2 - t_1) = \frac{\eta\lambda}{2}$$

$$\therefore \quad \alpha = \frac{\eta\lambda}{2l(t_2 - t_1)}$$

مائعات کا پھیلاؤ

مائعات بھی بالعموم گرم کرنے پر پھیلتے ہیں اور ان کا پھیلاؤ عام ٹھوس اجسام کے پھیلاؤ سے بہت زیادہ ہوتا ہے ۔ چنانچہ جہاں تانبے کے (جو ایک ٹھوس دھات ہے) حجمی پھیلاؤ کا معیار 0·000049 ہوتا ہے اس کے مقابلے میں پارے کے (جو ایک مائع دھات ہے) حجمی پھیلاؤ کا معیار 0·000183 ہوتا ہے اور الکوحل کے لیے یہ قیمت 0·001220 ہو جاتی ہے ۔

مائع کا ظاہری اور حقیقی پھیلاؤ ۔ جب کوئی مائع گرم کرنے پر پھیلتا ہے تو جس برتن میں وہ مائع پڑا ہوتا ہے اس کا بھی کچھ نہ کچھ پھیلاؤ ضرور واقع ہوتا ہے ، خواہ یہ پھیلاؤ مائع کے پھیلاؤ سے کتنا ہی کم ہو ۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ ایک مائع کی صورت میں ہمیں دو قسم کے پھیلاؤ سے واسطہ پڑتا ہے : ایک **ظاہری پھیلاؤ** (Apparent expansion) جیسا کہ وہ ایک برتن میں نظر آتا ہے اور دوسرا **حقیقی پھیلاؤ** (Real expansion) جو اس صورت میں ظاہر ہوتا جب برتن کا اپنا پھیلاؤ صفر ہوتا ۔ ظاہری پھیلاؤ اصل میں حقیقی پھیلاؤ اور برتن کے پھیلاؤ کے فرق کے برابر ہوتا ہے کیونکہ ظاہری پھیلاؤ کی صورت میں مائع کو پہلے پھیلے ہوئے برتن کی زائد جگہ کو بھرنا پڑتا ہے اور اس کے بعد جا کر اس کا اپنا پھیلاؤ ظاہر ہوتا ہے ۔ اس لحاظ سے ظاہری پھیلاؤ ہمیشہ حقیقی پھیلاؤ سے کم ہوتا ہے ۔

اس کے علاوہ ایک ہی مائع کا ظاہری پھیلاؤ مختلف برتنوں کی صورت میں مختلف ہو سکتا ہے لیکن کسی مائع کا حقیقی پھیلاؤ ایک مستقل مقدار ہے جس کا انحصار محض اس مائع کی اصلیت پر ہوتا ہے ۔

نوٹ ۔ مائع کے پھیلاؤ کے بارے میں یہ نکتہ یاد رکھنا چاہیے کہ یہ پھیلاؤ خواہ ظاہری ہو یا حقیقی ، اس سے ہماری مراد ہمیشہ اس کے حجمی پھیلاؤ سے ہوتی ہے کیونکہ کسی مائع کے متعلق طولی پھیلاؤ یا سطحی پھیلاؤ کا ذکر ایک لغو بات ہے ۔

مائع کے پھیلاؤ کے معیار ۔ مائع کے ظاہری اور حقیقی پھیلاؤ کے مطابق اس کے پھیلاؤ کے دو معیار ہیں جن میں ایک **ظاہری پھیلاؤ کا معیار** (Coefficient of apparent expansion) اور دوسرا **حقیقی پھیلاؤ کا معیار** (Coefficient of real expansion) کہلاتا ہے ۔

ظاہری پھیلاؤ کا معیار ۔ ایک مکعب سنٹی میٹر حجم کے کسی مائع کو ایک درجہ سنٹی گریڈ تک گرم کرنے پر اس کے حجم میں جو زیادتی ظاہر میں نظر آتی ہے اسے اس مائع کا **ظاہری پھیلاؤ کا معیار** (Coefficient of apparent expansion) کہتے ہیں ۔ اس کو عام طور پر γ_a سے ظاہر کیا جاتا ہے ۔

حقیقی پھیلاؤ کا معیار ۔ ایک مکعب سنٹی میٹر حجم کے کسی مائع کو ایک درجہ سنٹی گریڈ تک گرم کرنے پر اس کے حجم کی وہ زیادتی جو برتن کے پھیلاؤ کے نہ ہونے کی صورت میں پیدا ہوتی اس مائع کا **حقیقی پھیلاؤ کا معیار** (Coefficient of real expansion) کہلاتی ہے ۔ اسے عام طور پر γ_r سے ظاہر کیا جاتا ہے ۔

کسی مائع کے حقیقی اور ظاہری پھیلاؤ کے معیاروں اور برتن کے مادے کے حجمی پھیلاؤ کے معیار میں تعلق ۔ اگر کسی مائع کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار γ_r ، ظاہری پھیلاؤ کا معیار γ_a اور اس کے برتن کے مادے کا (جو عموماً شیشے کا ہوتا ہے) حجمی پھیلاؤ (Cubical expansion) کا معیار g ہو تو فرض کرو کہ کسی درجہ دار فلاسک میں جس کی درجہ بندی $0°C$ پر کی گئی ہے ایک مائع جس کا ٹمپریچر $0°C$ ہے اور جس

کا حجم V_0 ہے ، ڈالا گیا ہے - چونکہ اس برتن پر حجم کے درجے $0°C$ پر لگائے گئے ہیں اس لیے اس ٹمپریچر پر اس مائع کا حقیقی حجم اس کے ظاہری حجم کے (جیسا کہ وہ فلاسک میں نظر آتا ہے) برابر ہے - اب اس مائع کو $t°C$ تک گرم کرو جس کے باعث یہ مائع پھیل کر برتن کے V_a درجے تک پہنچ جائے - تب اس کا ظاہری حجم $t°C$ پر V_a ہے - اس لیے

$$V_a=V_0(1+\gamma_a t)$$

$t°C$ پر مائع کا حقیقی حجم V_r فلاسک کے V_a درجے تک کے اندرونی حجم کے برابر ہے جو $t°C$ تک پھیل جانے کے بعد قائم ہوا ہے اس لیے اس کی قیمت $V_a(1+gt)$ ہے -

$$\therefore \quad V_r=V_a\,(1+gt)$$

لیکن اسی حجم V_r کی قیمت مندرجہ ذیل مساوات سے بھی ظاہر ہے

$$V_r=V_0(1+\gamma_r t)$$

$$\therefore \quad V_0(1+\gamma_r t)=V_a(1+gt)$$

$$\because \quad V_a=V_0(1+\gamma_a t)$$

$$\therefore \quad V_0(1+\gamma_r t)=V_0(1+\gamma_a t)\,(1+gt)$$

یا $$1+\gamma_r t=(1+\gamma_a t)\,(1+gt)$$

یا $$1+\gamma_r t=1+\gamma_a t+gt+\gamma_a g t$$

یا $$\gamma_r=\gamma_a+g+\gamma_a g$$

چونکہ γ_a اور g دونوں بہت قلیل رقمیں ہیں اس لیے آن کی حاصل ضرب اتنی خفیف رہ جاتی ہے کہ اسے ان رقموں کے مقابلے میں نظر انداز کیا جا سکتا ہے

$$\therefore \quad \gamma_r=\gamma_a+g$$

اس سے ظاہر ہے کہ کسی مائع کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار اس کے ظاہری پھیلاؤ کے معیار اور اس کے برتن کے پھیلاؤ کے معیار کے مجموعے کے برابر ہوتا ہے -

ٹھوس اور کھوکھلے برتن کا پھیلاؤ - اگر شیشے کے ایک ٹھوس جسم کا حجم $0°C$ پر V_a ہو اور $t°C$ پر حجم بڑھ کر V_r ہو جائے اور شیشے کے حجمی پھیلاؤ کا اپنا معیار g ہو تو ان رقموں کا باھمی تعلق مندرجہ ذیل مساوات سے ظاھر ھے

$$V_r = V_a\ (1+gt)$$

مگر اوپر کی سطور میں ہم نے یہی تعلق شیشے کے ایک کھوکھلے فلاسک کی صورت میں بھی صحیح تسلیم کیا ھے - یہاں قدرتی طور پر سوال پیدا ھوتا ھے کہ جو تعلق ایک ٹھوس جسم کے لیے صحیح ھے کیا وہ ایک کھوکھلے جسم کے لیے بھی صحیح مانا جا سکتا ھے - اس کی جانچ کرنے کے لیے ایک کھوکھلے مستطیل نما (Rectangular) برتن کو زیر غور لاؤ جو شیشے کا بنا ہو - فرض کرو کہ $0°C$ پر اس کا طول l_0 ، عرض b_0 اور گہرائی d_0 ھے - تب اگر $0°C$ پر اس کا حجم V_0 ہو تو

$$V_0 = l_0 b_0 d_0$$

اگر شیشے کے طولی پھیلاؤ کا معیار α ہو تو اس برتن کو $t°C$ تک گرم کرنے پر

اس کا طول $= l_0(1+\alpha t)$

اس کا عرض $= b_0(1+\alpha t)$

اس کی گہرائی $= d_0(1+\alpha t)$

پس اگر $t°C$ پر اس برتن کا حجم V_t ھو تو

$$V_t = l_0(1+\alpha t)\times b_0(1+\alpha t)\times d_0(1+\alpha t)$$

یا $V_t = l_0 b_0 d_0 (1+\alpha t)^3$

یا $V_t = V_0(1+\alpha t)^3$

$= V_0(1+3\alpha t +$ ایسی رقمیں جن میں α کی بڑی طاقتیں آتی ھیں جو α کے بے حد قلیل ھونے کے باعث نظر انداز کرنے کے قابل ھیں -

$$\therefore\ V_t = V_0(1+3\alpha t)$$

مگر اس سے پہلے ہم ثابت کر چکے ہیں کہ اگر کسی شے مثلاً شیشے کے حجمی پھیلاؤ کا معیار g ہو اور اس کے طولی پھیلاؤ کا معیار α ہو تو

$$g = 3\alpha$$

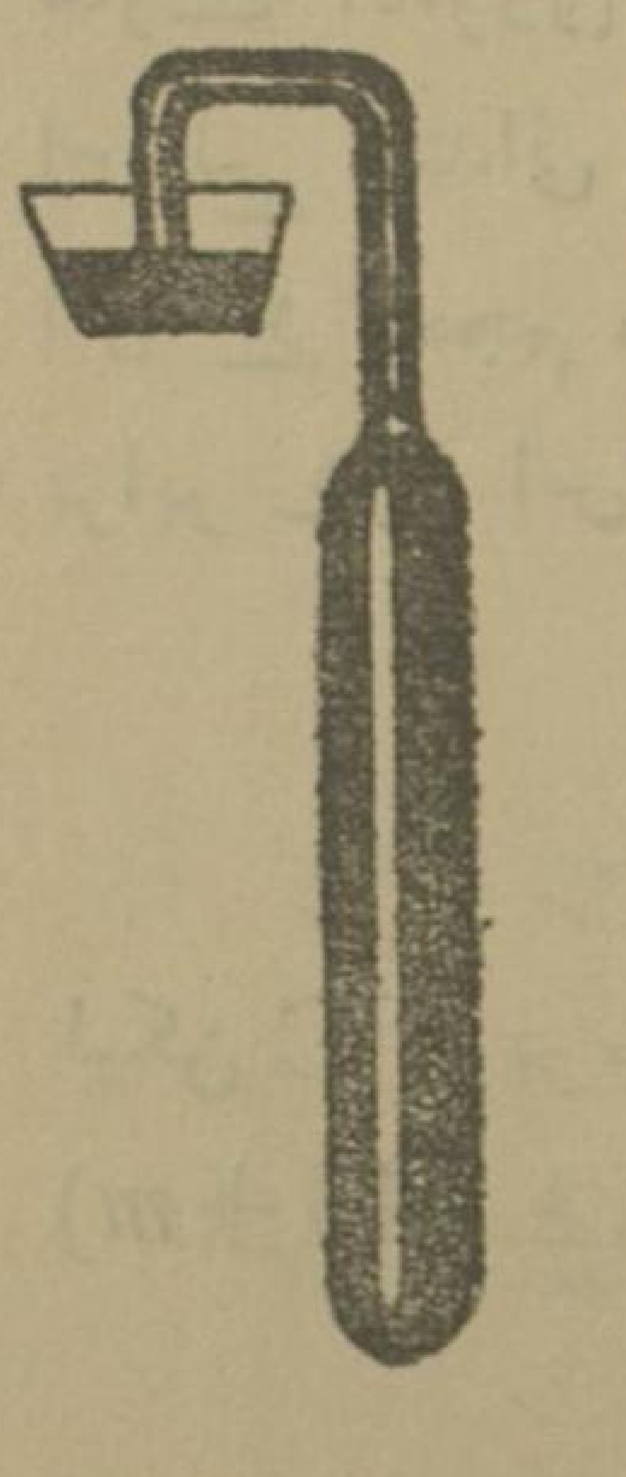
g کی اس قیمت 3α کو اوپر کی مساوات میں درج کرنے سے

$$V_t = V_0(1+gt)$$

یہ مساوات ایک کھوکھلے برتن کے لیے ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ **ایک کھوکھلے برتن کا پھیلاؤ بھی اسی طرح واقع ہوتا ہے جیسے وہ ایک ٹھوس جسم ہو** اور اس وجہ سے $V_t = V_0(1+gt)$ کی مساوات جس طرح ایک ٹھوس جسم پر صادق آتی ہے اسی طرح وہ ایک کھوکھلے جسم کے لیے بھی پوری اترتی ہے ۔

مائع کے ظاہری پھیلاؤ کی پیمائش ۔ مائع کے ظاہری پھیلاؤ کی پیمائش کے دو عملی طریقے ذیل میں درج کیے جاتے ہیں ۔ ان میں پہلے طریقے میں ایک خاص آلے سے مدد لی جاتی ہے جسے ویٹ تھرمامیٹر (Weight thermometer) کہتے ہیں ۔ اس لیے یہ **ویٹ تھرمامیٹر کا طریقہ** کہلاتا ہے ۔ دوسرے طریقے میں ایک ماسکونی ترازو (Hydrostatic balance) کا استعمال کیا جاتا ہے ۔ اس لیے یہ **ماسکونی طریقہ** (Hydrostatic method) کے نام سے موسوم ہے ۔

ویٹ تھرمامیٹر سے کسی مائع کا ظاہری پھیلاؤ کا معیار معلوم کرنا ۔

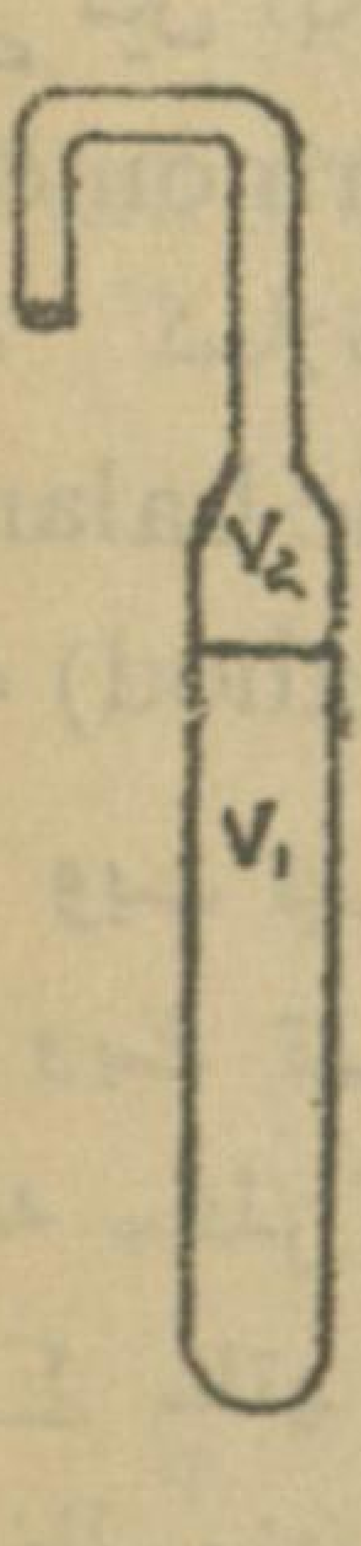


ایک ویٹ تھرمامیٹر (Weight thermometer) لو ۔ یہ آلہ سلنڈر کی شکل کے ایک بلب پر مشتمل ہوتا ہے جس کے ساتھ ایک دوہری خمدار نلی لگی ہوتی ہے ۔ اس کو خالی وزن کرو ۔ پھر اس کی نلی کے کھلے منہ کو اس برتن میں ڈبوؤ جس میں دیا ہوا مائع پڑا ہے ، اور باری باری گرم اور ٹھنڈا کرنے سے ویٹ تھرمامیٹر کو مائع سے بھرو ۔ اب اس کو خالص پگھلتی ہوئی برف میں رکھو جس کا ٹمپریچر $0°C$ ہو ۔ ایسا کرنے سے کچھ اور مائع

ویٹ تھرماءیٹر میں داخل ہوگا، یہاں تک کہ وہ سارے کا سارا $0°C$ پر مائع سے بھر جائے گا۔ ویٹ تھرمامیٹر کو باھر نکالو اور اس کی نلی کے نیچے چینی کی ایک صاف پیالی رکھو جس کا وزن پہلے سے معلوم کر لیا گیا ہو۔ پھر ویٹ تھرمامیٹر کو پانی یا تیل میں ڈبو کر $t°C$ تک (جو اس پانی یا تیل کا ٹمپریچر ہے) گرم کرو تو کچھ مائع پھیل کر اس میں سے باھر نکل جائے گا اور پیالی میں اکٹھا ہو جائے گا۔ پیالی کو دوبارہ وزن کرو اور اس خارج شدہ مائع کا وزن m نکالو۔ اسی طرح ویٹ تھرمامیٹر کو تول کر اس کے اندر باقی ماندہ مائع کا وزن M معلوم کرو۔ تب اگر مائع کا ظاھری پھیلاؤ کا معیار γ_a ہو تو

$$\gamma_a = \frac{m}{Mt}$$

اوپر کی مساوات کا ثبوت۔ آوپر کی مساوات کو ثابت کرنے کے لیے مندرجہ ذیل دلیل کو زیر غور لاؤ:



فرض کرو کہ $t°C$ پر ویٹ تھرمامیٹر میں M وزن کا مائع لبالب بھرا ہے، مگر جب اس کو $0°C$ تک ٹھنڈا کیا جاتا ہے تو اس کا حجم V_1 رہ جاتا ہے اور اس سے آوپر V_2 کے برابر حجم کی جگہ خالی رہ جاتی ہے۔ چونکہ $0°C$ پر مائع کے حجم V_1 کو جب $t°C$ پر گرم کیا جاتا ہے تو وہ ویٹ تھرمامیٹر کے سارے اندرونی حجم (V_1+V_2) میں سما جاتا ہے، اس لیے ابتدائی حجم V_1 کو $t°C$ تک گرم کرنے سے اس کے حجم میں جو زیادتی پیدا ہوتی ہے وہ V_2 کے برابر ہے۔ اس لحاظ سے

$$\gamma_a = \frac{V_2}{V_1 t}$$

لیکن $0°C$ پر سارے حجم (V_1+V_2) میں بھرے جانے والے مائع کا وزن $(M+m)$ ہے اور $0°C$ پر V_1 حجم میں بھرے جانے والے مائع کا وزن

M ھے - اس لیے $0°C$ پر V_2 حجم میں بھرے جانے والے مائع کا وزن m ھے -

چونکہ ایک ھی ٹمپریچر $0°C$ پر مائع کے دو مختلف حجموں میں جو نسبت ھے ، وھی نسبت ان کے وزنوں میں ھے ، اس لیے

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M}$$

لیکن اوپر ثابت کیا جا چکا ھے کہ

$$\gamma_a = \frac{V_2}{V_1 t}$$

$$\therefore \quad \gamma_a = \frac{m}{Mt}$$

ویٹ تھرمامیٹر کو تھرمامیٹر کیوں کہتے ھیں - اکثر طلبہ کے دل میں یہ خیال آتا ہوگا کہ جب ویٹ تھرمامیٹر کا بڑا استعمال یہ ھے کہ اس کی مدد سے کسی مائع کا ظاھری پھیلاؤ کا معیار ناپا جاتا ھے تو پھر اس کو تھرمامیٹر کا نام کس لیے دیا گیا ھے؟ اس کی وجہ معلوم کرنے کے لیے فرض کرو کہ ایک ویٹ تھرمامیٹر کی مدد سے پارے کا ظاھری پھیلاؤ کا معیار دریافت کیا جا چکا ھے - ویٹ تھرمامیٹر کو $0°C$ پر پارے سے لبالب بھرو - پھر اسے ایک ایسے مائع میں رکھو جس کا ٹمپریچر t نامعلوم ھو اور اوپر کے طریقے سے خارج شدہ پارے کا وزن m اور باقی ماندہ پارے کا وزن M دریافت کرو - تب

$$\gamma_a = \frac{m}{Mt}$$

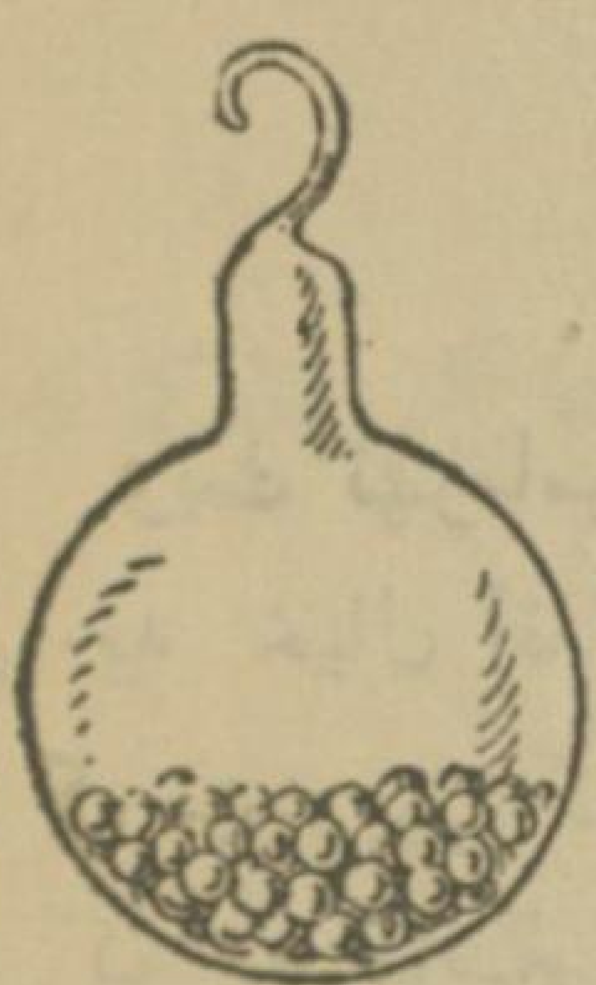
$$\therefore \quad t = \frac{m}{M\gamma_a}$$

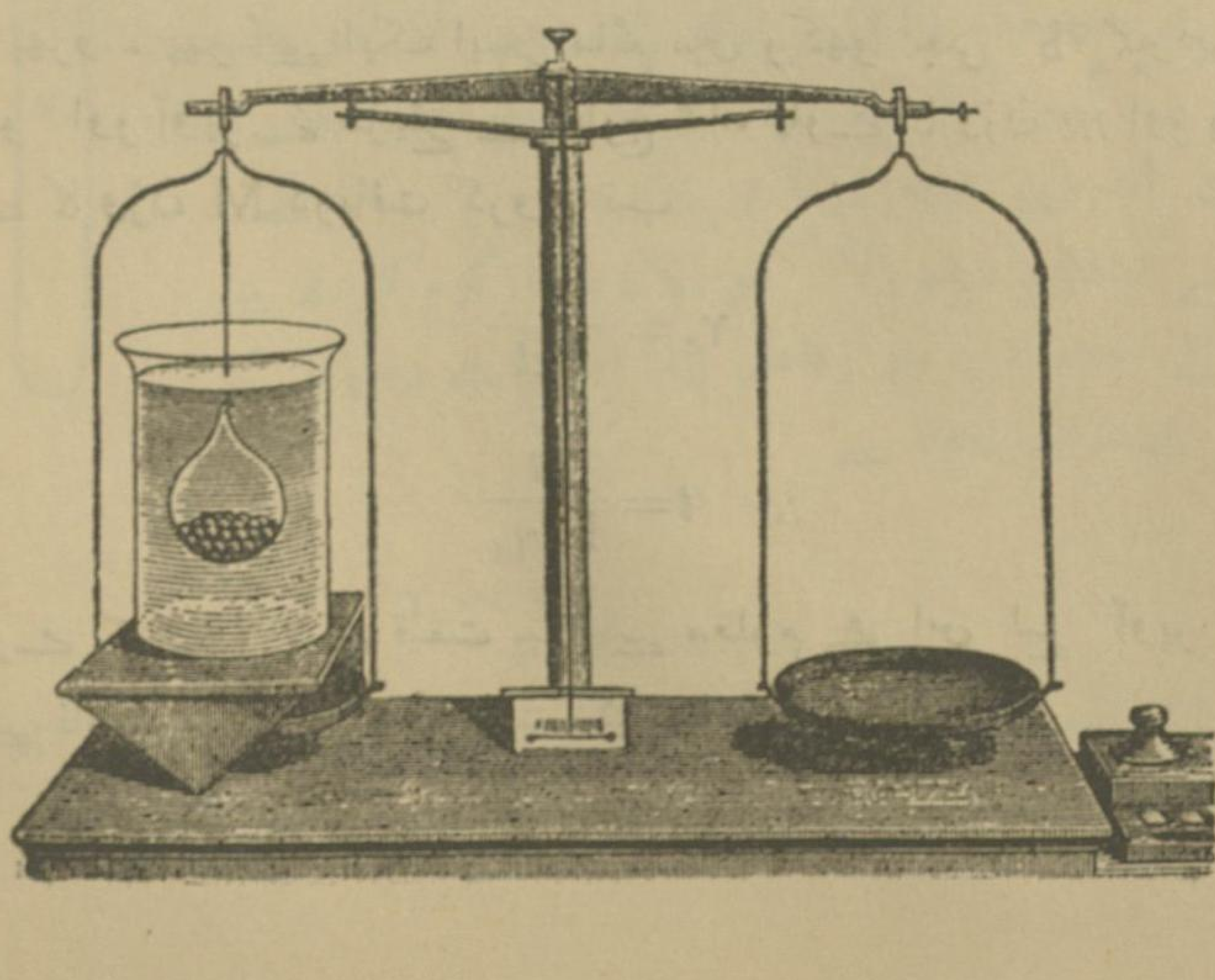
چونکہ پارے کے لیے γ_a کی قیمت پہلے سے معلوم ھے اس لیے اوپر کی مساوات سے نامعلوم ٹمپریچر t دریافت کیا جا سکتا ھے -

اب چونکہ اوپر کی تفصیل کے مطابق اس آلے کے ذریعے خارج شدہ

پارے اور باقی ماندہ پارے کا وزن معلوم کر کے کسی دبے ہوئے مائع کا ٹمپریچر دریافت ہوسکتا ہے اس لیے اس آلے کو ویٹ تھرمامیٹر (Weight thermometer) کہہ دیتے ہیں -

ماسکونی ترازو سے کسی مائع کا ظاہری پھیلاؤ کا معیار معلوم کرنا -
کوئی ایسا جسم لو جو پانی سے معمولی سا بھاری ہو اور اس لیے پانی میں ڈوب سکتا ہو - اس مقصد کے لیے دھات کا یا شیشے وغیرہ کا ٹھوس گولہ موزوں نہیں ہے کیونکہ وہ پانی سے بہت زیادہ بھاری ہوتا ہے ، معمولی سا بھاری نہیں ہوتا - البتہ اگر شیشے کے ایک بلب میں سیسے کے اتنے چھرے ڈالے جائیں جس سے وہ پانی سے ذرا سا بھاری ہو جائے اور پھر اس کا منہ بند کر کے اس کے ساتھ لٹکانے کے لیے شیشے کا ایک ہک بنا لیا جائے (جیسا کہ شکل میں نظر آتا ہے) تو یہ ٹھوس جسم اس تجربے کے لیے بہت موزوں ہو سکتا ہے - اس بلب کو باریک دھاگے یا گھوڑے کے باریک بال کے ذریعے ایک ترازو کے بائیں پلڑے سے لٹکاؤ اور دائیں پلڑے میں باٹ ڈال کر اس کا وزن معلوم کرو - اس کے بعد بائیں پلڑے کے آر پار ایک، چوکی رکھو اور اس چوکی پر ٹھنڈے پانی کا بیکر رکھ کر جسم مذکور کو پانی





کے اندر ڈوباؤ ۔ یہ احتیاط کرو کہ جسم سارے کا سارا پانی میں ڈوبا رہے مگر اس کا کوئی حصہ بیکر کی دیواروں یا اس کے پیندے کے ساتھ مس نہ کرے ۔ اس حالت میں پانی کے اندر اس جسم کا وزن دریافت کرو اور تھرمامیٹر سے پانی کا ٹمپریچر t_1 بھی ناپو ۔ اس کے بعد جسم مذکور کو ایک بیکر میں جس کے اندر گرم پانی پڑا ہو ، ڈوبا کر وزن کرو اور تھرمامیٹر سے پانی کا ٹمپریچر t_2 نکالو ۔ تب اگر جسم کا وزن ہوا میں W ہو ، t_1°C کے ٹھنڈے پانی میں W_1 ہو اور t_2°C کے گرم پانی میں W_2 ہو تو

ٹھنڈے مائع میں جسم کے وزن کی کمی $= W - W_1$

گرم مائع میں جسم کے وزن کی کمی $= W - W_2$

اگر جسم کا حجم V ہو جس کے متعلق فرض کر لیا گیا ہے کہ جسم کے بے حد خفیف پھیلاؤ کے باعث وہ دونوں صورتوں میں عملی طور پر ایک ہی رہتا ہے تو چونکہ ارشمیدش کے اصول (Principle of Archimides) کے مطابق مائع میں جسم کے وزن کی کمی جسم کے مساوی الحجم مائع کے وزن کے برابر ہوتی ہے اس لیے

t_1 پر مائع کے V حجم کا وزن $= W - W_1$

t_2 پر مائع کے V حجم کا وزن $= W - W_2$

اب اگر t_1 پر مائع کی کثافت ρ_1 اور t_2 پر ρ_2 ہو تو

$$\rho_1 = \frac{\text{پر مائع کا وزن } t_1}{\text{اس کا حجم}} = \frac{W-W_1}{V}$$

$$\rho_2 = \frac{\text{پر پانی کا وزن } t_2}{\text{اس کا حجم}} = \frac{W-W_2}{V}$$

$$\therefore \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{W\text{-}W_2}{W\text{-}W_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (i)$$

اب فرض کیجیے کہ زیر تجربہ مائع کی کسی خاص مقدار کا حجم t_1 پر V_1 اور t_2 پر V_2 اور 0°C پر V_0 ہے اور اس مقدار کی کمیت

جو ہر ٹمپریچر پر ایک ہی رہتی ہے m ہے ۔ نیز اس مائع کی کثافت $0°C$ پر ρ_1 ہے اور اس کے ظاہری پھیلاؤ کا معیار γ_a ہے ۔ تب

$$V_1 = V_0 (1 + \gamma_a t_1)$$
$$V_2 = V_0 (1 + \gamma_a t_2)$$

$$\therefore \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{1 + \gamma_a t_2}{1 + \gamma_a t_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (ii)$$

$$\because \quad \frac{m}{V_1} = \rho_1$$

$$\frac{m}{V_2} = \rho_2$$

$$\therefore \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{V_2}{V_1} \ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

(iii) کو (ii) میں شامل کرنے سے

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{1 + \gamma_a t_2}{1 + \gamma_a t_1} \ldots\ldots\ldots\ldots (iv)$$

(iv) کو (i) میں شامل کرنے سے

$$\frac{W - W_1}{W - W_2} = \frac{1 + \gamma_a t_2}{1 + \gamma_a t_1}$$

$$= (1 + \gamma_a t_2)(1 - \gamma_a t_1)^{-1}$$

$= 1 + \gamma_a t_2 - \gamma_a t_1 +$ ایسی رقمیں جن میں γ_a کی بڑی طاقتیں آتی ہیں اور جو γ_a کے بہت قلیل ہونے کے باعث نظر انداز کرنے کے قابل ہیں ۔

$$\therefore \quad \frac{W - W_1}{W - W_2} = 1 + \gamma_a t_2 - \gamma_a t_1$$

یا $\dfrac{W - W_1}{W - W_2} - 1 = \gamma_a (t_2 - t_1)$

یا $\dfrac{W - W_1 - W + W_2}{W - W_2} = \gamma_a (t_2 - t_1)$

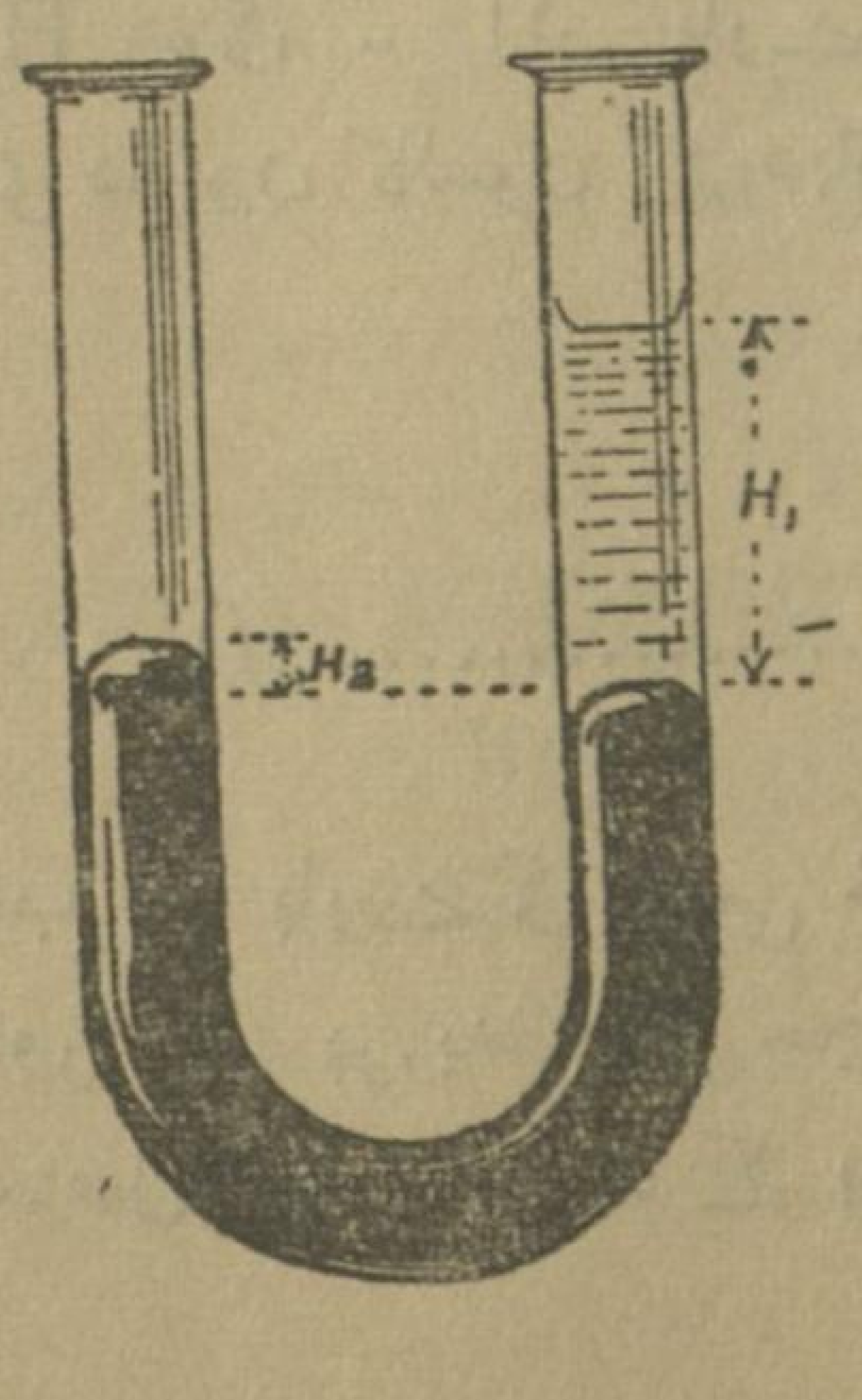
$$\frac{W_2-W_1}{W-W_2}=\gamma_a\ (t_2-t_1)$$ یا

$$\therefore \qquad \gamma_a=\frac{W_2-W_1}{(W-W_2)\ (t_2-t_1)}$$

چونکہ W ، W_1 اور W_2 تجربے سے معلوم کر لیے گئے ھیں اور t_1 اور t_2 کی پیائش تھرمامیٹر سے براہ راست کر لی گئی ھے ، اس لیے γ_a کی قیمت نکالی جا سکتی ھے -

مائع کے حقیقی پھیلاؤ کی پیائش - مائع کے حقیقی پھیلاؤ کو معلوم کرنے کے متعدد طریقے ھیں جن میں بعض مشہور طریقوں کی تفصیل ذیل میں بیان کی جاتی ھے - ان میں سے پہلا اور بنیادی طریقہ وہ ھے جس کے ذریعہ فرانس کے دو سائنس دانوں دولاں (Dulong اور پیتی (Petit) نے 1818ء میں پارے کے حقیقی پھیلاؤ کے معیار کی پیائش کی تھی - اس لیے یہ طریقہ **دولاں اور پیتی کا طریقہ** (Dulong and Petit's method) کہلاتا ھے -

دولاں اور پیتی کے طریقے سے پارے کے حقیقی پھیلاؤ کے معیار کی پیائش - اس طریقے کا اصول سمجھنے کے لیے فرض کرو کہ ایک U نلی میں پہلے پارہ بھرا گیا اور پھر اس کے دائیں بازو میں پانی ڈالا گیا ھے - یہ پانی پارے کو ذرا سا دھکیلے گا جس کے باعث پارے کی سطح دائیں بازو میں ذرا سی اونچی ھو جائے گی - اگر پارے کی دونوں سطحوں کا فرق H_2 ھو اور دائیں بازو میں پانی کے کالم کی بلندی H_1 ھو تو جیسا کہ شکل میں ظاھر ھے دائیں بازو میں H_1 لمبے پانی کے کالم کا دباؤ اور بائیں بازو میں H_2 لمبے پارے کے کالم کا دباؤ دونوں ایک دوسرے کو متوازن کر رھے ھیں اور اس لیے یہ دونوں دباؤ برابر ھیں - اب اگر پانی کی کثافت ρ_1 اور پارے کی کثافت ρ_2 ھو اور کشش زمین کا اسراع g ھو تو



پانی کے کالم کا دباؤ $= H_1 \rho_1 g$

پارے کے کالم کا دباؤ $= H_2 \rho_2 g$

چونکہ یہ دونوں دباؤ برابر ہیں

$$\therefore \quad H_1 \rho_1 g = H_2 \rho_2 g$$

یا
$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

مندرجہ بالا تشریح میں اگر دونوں بازوؤں کی اندرونی چوڑائی یا دوسرے لفظوں میں اس کی سیدھی کاٹ (Cross section) کا رقبہ برابر نہ ہو تو بھی اوپر کی مساوات برابر رہتی ہے - یہی اس طریقے کی خاص خوبی ہے جس کے باعث اسے کسی مائع مثلاً پارے کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار معلوم کرنے کے لیے استعمال کیا جا سکتا ہے - اس کی تفصیل کے لیے فرض کیجیے کہ U نلی کے دونوں بازوؤں میں پارہ بھرا ہوا ہے - ابتدا میں پارے کی سطح برابر ہوگی لیکن اگر دائیں بازو کے پارے کو $t°C$ تک گرم کیا جائے اور بائیں بازو کے پارے کو $0°C$ تک ٹھنڈا کیا جائے تو ان بازوؤں کے اندر پارے کی سطح مختلف ہو جائے گی جس کے باعث بائیں بازو میں پارے کے کالم کی بلندی ($0°C$ پر) H_0 اور دائیں بازو میں پارے کے کالم کی بلندی ($t°C$ پر) H_t ہوگی - اگر پارے کی کثافت $0°C$ پر ρ_0 اور $t°C$ پر ρ_t ہو تو دونوں کالموں کے دباؤ کے برابر ہونے کے باعث

$$H_0 \rho_0 g = H_t \rho_t g$$

یا
$$\frac{H_t}{H_0} = \frac{d_0}{d_t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (i)$$

اب اگر پارے کی کسی خاص کمیت m کا حقیقی حجم $0°C$ پر V_0 ہو اور $t°C$ پر یہ حقیقی حجم V_t ہو تب چونکہ کثافت اور حجم کا حاصل ضرب کمیت کے برابر ہوتا ہے ، اس لیے

$$V_0 \rho_0 = m = V_t \rho_t$$

$$\therefore \quad \frac{\rho_0}{\rho_t} = \frac{V_t}{V_0} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

اگر بارے کے حقیقی پھلاؤ کا معیار γ_r ہو تو

$$\gamma_r = \frac{V_t - V_0}{V_0\, t}$$

یا

$$\gamma_t\, t = \frac{V_t - V_0}{V_0} = \frac{V_t}{V_0} - 1$$

یا

$$\frac{V_t}{V_0} = 1 + \gamma_r\, t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

مساوات (iii) کو مساوات (ii) میں شامل کرنے سے

$$\frac{\rho_0}{\rho_t} = 1 + \gamma_r\, t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (vi)$$

مساوات (vi) کو مساوات (i) میں شامل کرنے سے

$$\frac{H_t}{H_0} = 1 + \gamma_r\, t$$

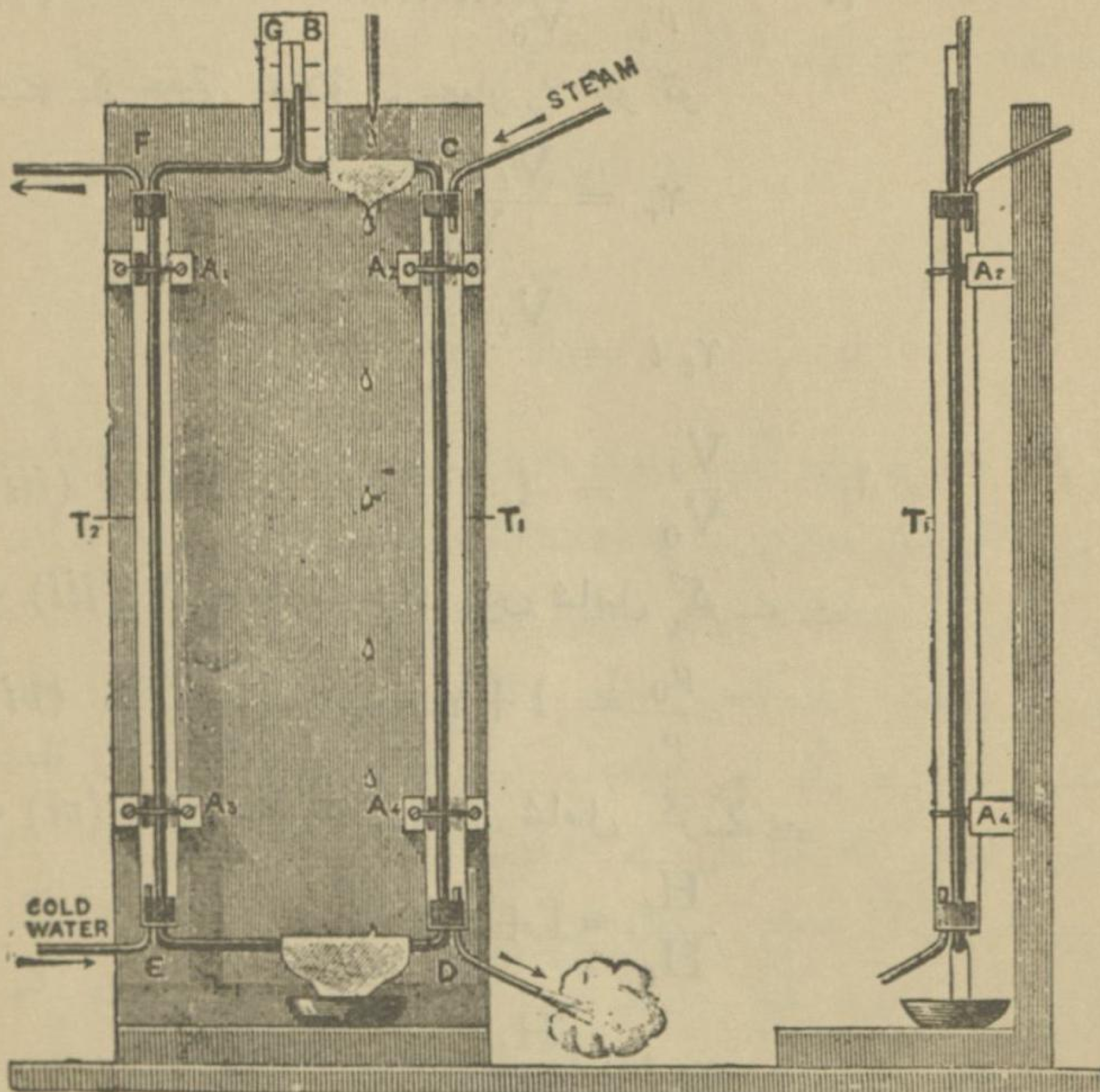
یا

$$\gamma_r\, t = \frac{H_t}{H_0} - 1 = \frac{H_t - H_0}{H_0}$$

$$\therefore \quad \gamma_r = \frac{H_t - H_0}{H_0\, t}$$

دولاں (Dulong) اور پیتی (Petit) کے طریقے میں جس U نلی کو استعمال کیا جاتا ہے اس کے دونوں بازوؤں کو دو چوڑی نلیوں T_1 اور T_2 میں سے گزارا جاتا ہے اور پھر اُن کے اوپر کے حصوں میں دو خم دے کر ان کے سروں کو ساتھ ساتھ لایا جاتا ہے جس سے اس کی صورت ایسی ہو جاتی ہے جیسی شکل میں BCDEFG سے ظاہر اس نلی کو لکڑی کے ایک سٹینڈ میں عموداً کس دیا جاتا ہے۔ نلی کے اوپر کے حصے BG کے پیچھے ایک آئینہ دار پیمانہ لگا ہوتا ہے۔ تجربہ کرنے کے لیے U - نلی کے اندر مصفیٰ پارہ بھرا جاتا ہے۔ اس کے بعد نلی T_1 میں سے بھاپ اور نلی T_2 میں برف کا پانی جس کا ٹمپریچر

0°C ہوتا ہے گزارا جاتا ہے - پانی کی ٹھنڈک سے دائیں بازو کے پارے کا ٹمپریچر گر جاتا ہے اور اس کی کثافت بڑھ جاتی ہے جس سے اس کے کالم کی



لمبائی خفیف سی کم ہوجاتی ہے - اس طرح بھاپ کی حرارت سے دائیں بازو کے پارے کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ہے اور اس کی کثافت گھٹ جاتی ہے جس سے اس کے کالم کی لمبائی خفیف سی زیادہ ہو جاتی ہے - اگر بائیں بازو کے اندر پارے کے کالم کی لمبائی H_0 ، ٹمپریچر 0°C اور کثافت ρ_0 ہو - نیز دائیں بازو کے اندر پارے کے کالم کی لمبائی H_t ، ٹمپریچر t°C اور کثافت ρ_t ہو تو چونکہ دونوں کالموں کا دباؤ برابر ہے اس لیے

$$H_t \rho_t g = H_0 \rho_0 g$$

$$\therefore \qquad \frac{H_t}{H_0} = \frac{\rho_0}{\rho_t}$$

مگر اوپر کی بیان کردہ تشریح کے مطابق اگر پارے کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار γ_r ہو تو

$$\frac{\rho_0}{\rho_t} = 1 + t\,\gamma_r\,t$$

$$\therefore \qquad \frac{H_t}{H_0} = 1 + \gamma_r\,t$$

$$\text{یا} \qquad \gamma_r\,t = \frac{H_t}{H_0} - 1 = \frac{H_t - H_0}{H_0}$$

$$\therefore \qquad \gamma_r = \frac{H_t - H_0}{H_0\,t}$$

پس H_t اور H_0 کو تجربے سے معلوم کرکے اور t کی براہ راست پیمائش کرکے پارے کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار γ_r نکالا جا سکتا ھے۔

خامیاں: دولاں اور پیتی کے اس طریقے میں مندرجہ ذیل خامیاں ھیں۔

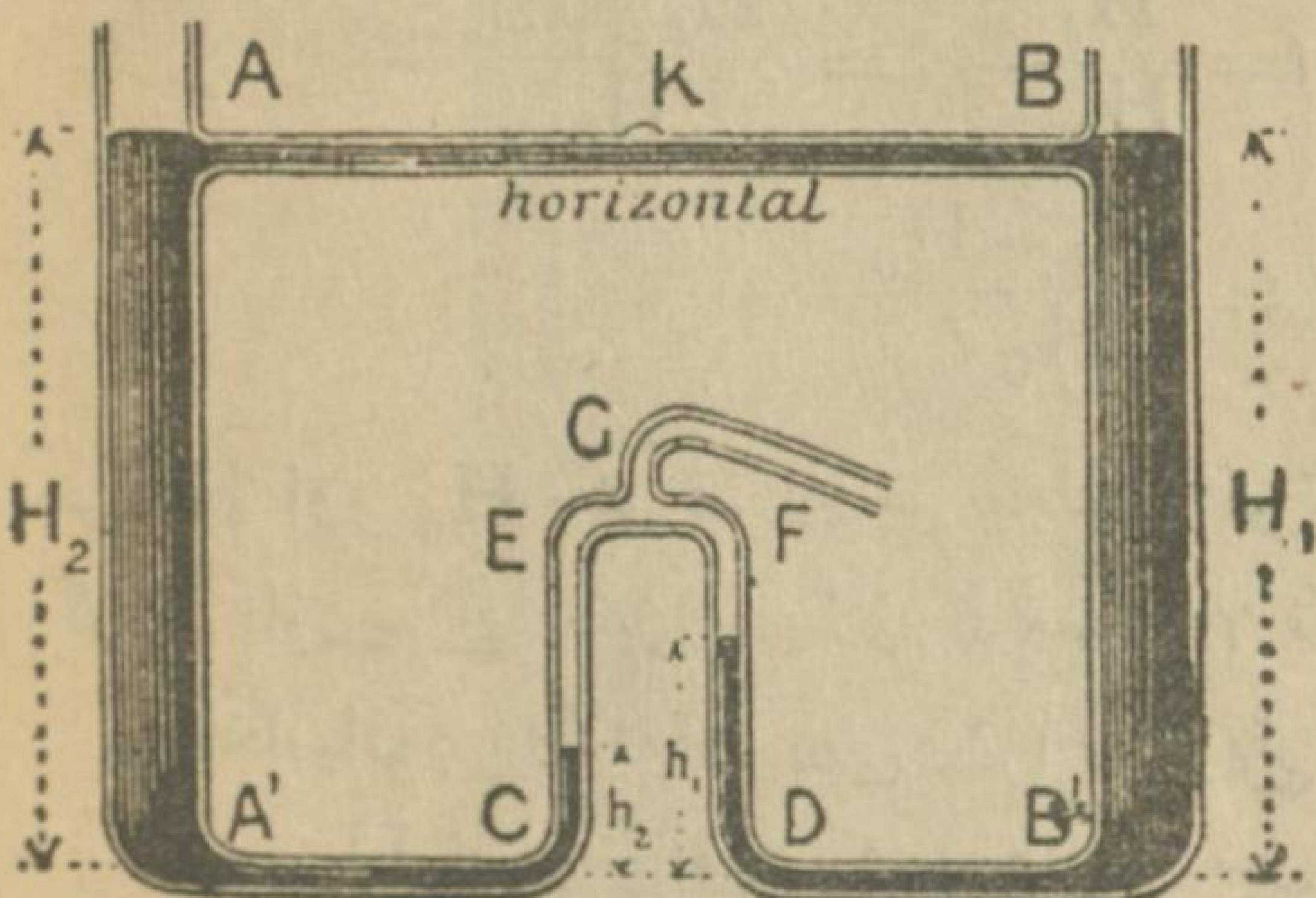
۱- U نلی کے آوپر کے حصوں میں جو پارہ بھرا ھوتا ھے اس کا ٹمپریچر نیچے کے حصوں کے ٹمپریچر سے مختلف ھوتا ھے۔

۲- چونکہ سطحی کھنچاؤ (Surface tension) کا انحصار ٹمپریچر پر بھی ھوتا ھے اس لیے دونوں بازوؤں میں ٹمپریچر مختلف ھونے کے باعث پارے کی سطح کا آبھار جسے سائنس کی زبان میں ھلال یعنی منسکس (Meniscus) کہتے ھیں مختلف ھوتا ھے جس سے دونوں بازوؤں کی سطح کا فرق نکالنے میں غلطی پڑ جاتی ھے۔

۳- U نلی کے نیچے کے حصے میں جو ایک آفقی نلی کی صورت میں ھوتا ھے، پارے کا ایک ترسیلی بہاؤ (Convection flow) ھونے لگتا ھے جس کے باعث دونوں بازوؤں کے نیچے کے سروں پر گرم اور سرد پارے کا ملاپ ھوتا رھتا ھے۔

رینو کے طریقے سے پارے کے حقیقی پھیلاؤ کے معیار کی پیمائش۔
فرانس کے ایک اور سائنس دان رینو (Regnault) نے ان نقائص کو دور کرنے کے لیے جو دولاں اور پیتی کے طریقے میں رونما ھو گئے تھے اور جن کا ذکر آوپر کی سطور میں گزرا ھے، ایک ترمیمی طریقے سے کام لیا جس کا بنیادی اصول تو وھی تھا جو دولاں (Dulong) اور پیتی (Petit) کے طریقے کا تھا، مگر اس کی تفصیلات مختلف تھیں۔ یہ ترمیم یافتہ طریقہ **رینو کا طریقہ** (Regnault's method) کہلاتا ھے۔

اس طریقے میں جس آلے کو استعمال کیا گیا اس کا خاکہ ذیل کی شکل سے ظاہر ہے ۔ ′AA اور ′BB دو عمودی نلیاں ہیں جو اوپر سے ایک باریک افقی نلی AB کے ذریعے آپس میں ملی ہوئی ہیں ۔ اس افقی نلی کے درمیان میں K کے مقام پر ایک سوراخ ہے ۔ نیچے سے ان عمودی



نلیوں کو ایک خم دار نلی ′A′CEFDB ملاتی ہے جس کا درمیانی حصہ CEFD ایک الٹے ہوئے U کی شکل کا ہے ۔ اس U نلی کے پیندے میں G کے قریب ایک اور سیدھی نلی لگی ہے جس کے ذریعے اس کا سلسلہ ہوا بھرنے والے ایک پمپ کے ساتھ ملا دیا جاتا ہے ۔

تجربہ کرنے کے لیے نلی ′AA اور نلی ′BB کے کھلے منہ میں سے پارے کی کافی مقدار بھر دی جاتی ہے اور ساتھ ہی ہوا بھرنے والا پمپ چلا کر الٹی U نلی کے EGF حصے کے اندر ہوا کا دباؤ اتنا زیادہ کر دیا جاتا ہے جس سے دائیں اور بائیں طرف کی نلیوں کا پارہ U نلی کے اس حصے کے اندر آپس میں ملنے نہیں پاتا بلکہ وہ علیحدہ علیحدہ کالموں کی صورت میں ED اور EC حصوں میں قائم رہتا ہے ۔ البتہ ′AA اور ′BB نلیوں کا پارہ اوپر سے یعنی AB نلی میں سے آپس میں ملا ہوتا ہے اور اس وجہ سے افقی نلی AB پارے سے تمام تر بھری رہتی ہے ۔ اب اگر پارے کا ٹمپریچر ′AA نلی میں بھی وہی ہو جو ′BB نلی کے پارے کا ہے تو اس صورت میں پارے کے کالم کی بلندی EC نلی میں بھی وہی ہوگی جو FD نلی میں ہے ۔ لیکن اگر پارے کا ٹمپریچر ′AA نلی میں زیادہ اور ′BB نلی میں کم ہو تو پارے کا کالم DF نلی میں CE نلی کی نسبت اونچا ہوگا ۔ فرض کرو کہ ′BB نلی کے پارے کو تو عام ٹمپریچر t_1 پر رکھا جاتا ہے مگر ′AA نلی کے پارے کو ایک خاص ٹمپریچر t_2 تک گرم کیا جاتا ہے جس کے باعث FD نلی میں

پارے کا کالم اونچا یعنی h_1 کے برابر اور EC نلی میں پارے کا کالم نیچا یعنی h_2 کے برابر ہو جاتا ہے ۔ تب اگر AA′ نلی کی لمبائی H ہو اور یہی لمبائی BB′ نلی کی ہو تو چونکہ ایک طرف نقاط A اور B پر بیرونی ہوا کا دباؤ آپس میں برابر ہے اور دوسری طرف نلی EC اور نلی FD میں اندرونی ہوا کا دباؤ آپس میں برابر ہے ، اس لیے دائیں جانب سے (H_1-h_1) کالم کا دباؤ اور بائیں جانب سے (H_2-h_2) کالم کا دباؤ آپس میں برابر ہیں اور اسی برابری کی وجہ سے پارے کے کالموں میں توازن قائم ہے ۔ یہاں یہ امر قابل ذکر ہے کہ چونکہ EC نلی اور FD نلی کا ٹمپریچر بھی وہی t_1 ہے جو BB′ نلی کے اندر پارے کا ہے ، اس لیے اگر پارے کی کثافت t_1 ٹمپریچر پر ρ_1 اور t_2 ٹمپریچر پر ρ_2 ہو تو ($H\rho g$=دباؤ) کے کلیے کے مطابق

H_1 کالم کا دباؤ $=H_1\rho_1 g$

h_1 کالم کا دباؤ $=h_1\rho_1 g$

∴ (H_1-h_1) کالم کا دباؤ $=H_1\rho_1 g-h_1\rho_1 g$

دوسری جانب

H_2 کالم کا دباؤ $=H_2\rho_2 g$

h_2 کالم کا دباؤ $=h_2\rho_2 g$

∴ (H_2-h_2) کالم کا دباؤ $=H_2\rho_2 g-h_2\rho_1 g$

چونکہ (H_1-h_1) اور (H_2-h_2) کالموں کے دباؤ آپس میں برابر ہیں ، اس لیے

$$H_1\rho_1 g-h_1\rho_1 g=H_2\rho_2 g-h_2\rho_1 g$$

یا
$$H_1\rho_1-h_1\rho_1=H_2\rho_2-h_2\rho_1$$

یا
$$H_1\rho_1-h_1\rho_1+h_2\rho_1=H_2\rho_2$$

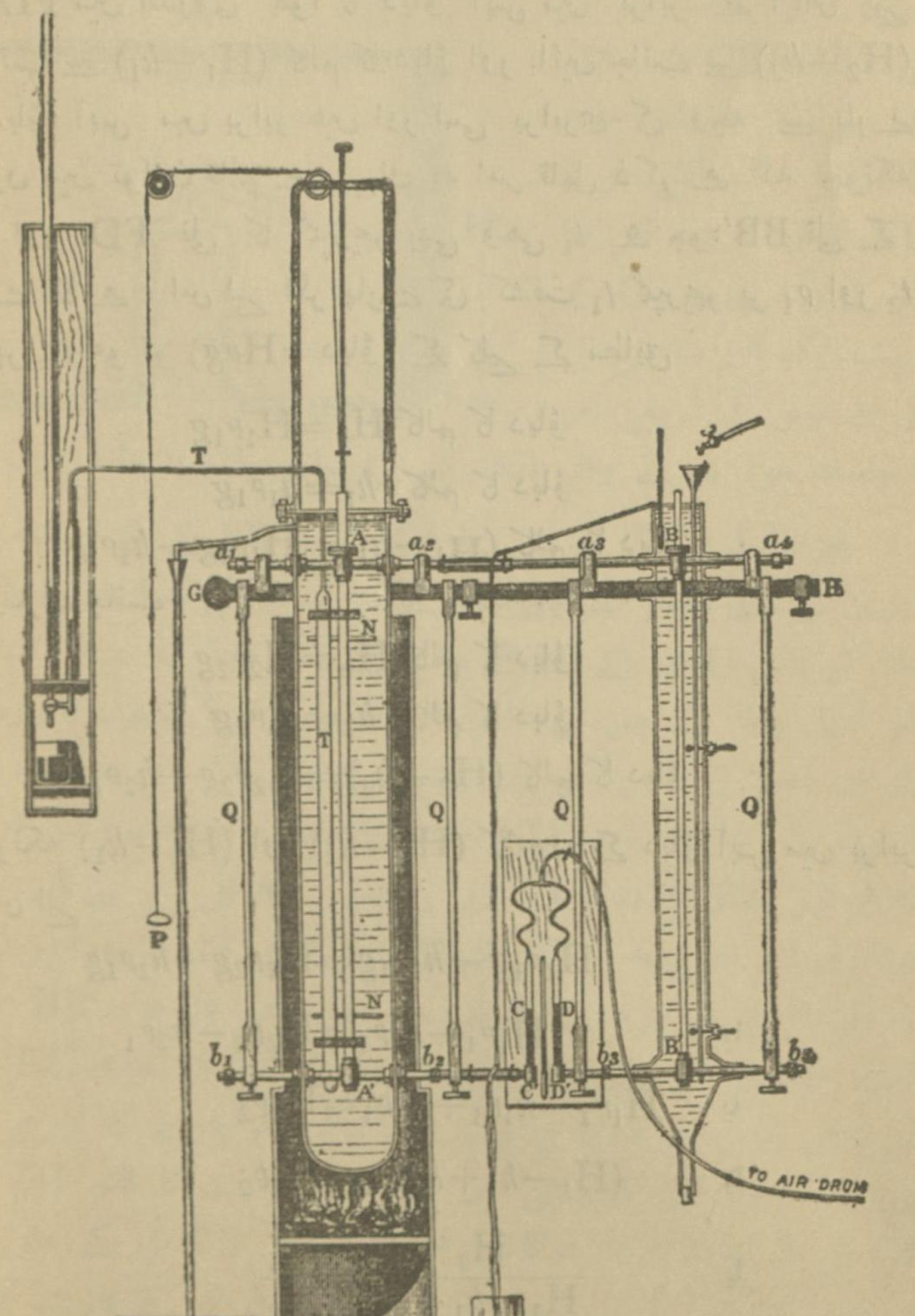
یا
$$(H_1-h_1+h_2)\rho_1=H_2\rho_2$$

یا
$$\frac{H_2}{H_1-h_1+h_2}=\frac{\rho_1}{\rho_2}$$

مگر جیسا کہ پہلے وضاحت کی جا چکی ہے ، اگر t_1 ٹمپریچر پر پارے کی

کثافت ρ_1 ہو اور t_2 ٹمپریچر پر پارے کی کثافت ρ_2 ہو، نیز پارے کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار γ_r ہو تو

$$\frac{\rho_1}{\rho_2}=1+\gamma_r(t_2-t_1)$$



$$\therefore \quad \frac{H_2}{H_1-h_1+h_2}=1+\gamma_r(t_2-t_1)$$

$$\therefore \quad \gamma_r(t_2-t_1)=\frac{H_2}{H_1-h_1+h_2}-1$$

$$=\frac{H_2-H_1+h_1-h_2}{H_1-h_1+h_2}$$

$$\therefore \quad \gamma_r=\frac{H_2-H_1+h_1-h_2}{(H_1-h_1+h_2)\ (t_2-t_1)}$$

رینو (Regnault) نے اس تجربے کو سرانجام دینے کے لیے جس آلے سے کام لیا وہ پچھلے صفحے کی شکل میں دکھایا گیا ھے - اس میں GH لوھے کی سلاخ ھے جو AB نلی کو افقی حالت میں تھامے ہوئے ھے - نلی 'AA کے باھر ایک جیکٹ ھے جس میں تیل بھرا ھے اور جس کے نیچے آگ جلا کر اسے گرم کیا جا سکتا ھے - دوسری عمودی نلی BB کے گرد بھی ایک جیکٹ موجود ھے جس میں ٹھنڈے پانی کے بہاؤ کو جاری رکھا جاتا ھے - AA نلی کے اندر پارے کے اونچے ٹمپریچر t_1 کی پیمائش کرنے کے لیے گیسی تھرمامیٹر (Gas thermometer) استعمال کیا جاتا ھے جس کا بلب T اس نلی میں نظر آ رھا ھے - اس آلے کے دیگر حصے شکل میں نمایاں ھیں - رینو نے اس طریقے سے ثابت کیا تھا کہ پارے کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار 0·0001818 ھوتا ھے -

کیلنڈر اور موس کی ترمیم - رینو کے مذکورہ بالا طریقے میں اس کے بہت عرصے بعد دو سائنس دانوں کیلنڈر (Callendar) اور موس (Moss) نے ایک قابل قدر ترمیم کی - رینو نے اپنے آلے میں گرم اور سرد نلیوں کا ایک جوڑا استعمال کیا تھا جن میں سے ھر ایک کی لمبائی $1\frac{1}{2}$ میٹر تھی ، لیکن کیلنڈر اور موس نے اس قسم کے چھ جوڑے استعمال کیے جن میں سے ھر ایک کی لمبائی 2 میٹر تھی - یہ جوڑے باھمی طور پر ایک سلسلے میں ملے ہوئے تھے اور انھیں اوپر سے موڑ کر اس طرح رکھا گیا تھا کہ تمام جوڑوں کے گرم بازو ایک جا اکٹھے کر دیے

گئے تھے جنھیں ایک ہی گرم خانے میں رکھا جاتا تھا ۔ ادھر تمام جوڑوں کے ٹھنڈے بازو بھی ایک جا اکٹھے کر دیے گئے تھے جنھیں ایک ہی ٹھنڈے خانے میں رکھ دیا جاتا ہے ۔ اس طرح مجموعی طور پر اس طریقے میں ہر گرم بازو اور ہر ٹھنڈے بازو کی لمبائی 12 میٹر ہو گئی ۔ اس کا نتیجہ یہ نکلا کہ پارے کے حقیقی پھیلاؤ کے معیار کی جو قیمت اس تجربے سے معلوم ہوئی وہ رینو کی دریافت کردہ قیمت سے بھی زیادہ صحیح تھی ۔ رینو نے اپنے آلے کے ذریعے بہت سے مشاہدات لے کر یہ فیصلہ دیا تھا کہ $0°C$ سے $100°C$ کے درمیان پارے کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار 0.0001815 ہے ۔ کیلنڈر اور موس نے اپنے ترمیم یافتہ آلے سے ثابت کیا کہ یہ قیمت 0.0001820 ہے ۔ موجودہ زمانے میں یہی قیمت صحیح سمجھی جاتی ہے اگرچہ یہ رینو کی دریافت کردہ قیمت سے کوئی زیادہ اختلاف نہیں رکھتی ۔

مائع کے حقیقی پھیلاؤ کو دریافت کرنے کا بالواسطہ طریقہ ۔ جب ایک بار پارے کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار معلوم ہو جائے تو پھر عام ویٹ تھرمامیٹر (Weight thermometre) کے ذریعے، جس سے مائع کے ظاہری پھیلاؤ کو ناپنے کا کام لیا جاتا ہے اور جس کی تفصیل پہلے گزر چکی ہے، کسی مائع کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار بھی مندرجہ ذیل طریقے سے معلوم کیا جا سکتا ہے ۔

'ویٹ تھرمامیٹر' کی مدد سے پارے کے ظاہری پھیلاؤ کا معیار معلوم کرو اور اسے پارے کے حقیقی پھیلاؤ کے معیار میں سے جو 0.0001818 ہے، تفریق کرو تو حاصل تفریق ویٹ تھرمامیٹر کے پھیلاؤ کے معیار g کو ظاہر کرے گا ۔ اب اسی ویٹ تھرمامیٹر سے دیے ہوئے مائع کے ظاہری پھیلاؤ کا معیار معلوم کرو اور اس میں g کی یہ قیمت جمع کر دو تو حاصل جمع مائع کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار ہو گا ۔

ویٹ تھرمامیٹر سے حقیقی پھیلاؤ کے معیار دریافت کرنے کا براہ راست طریقہ ۔ ویٹ تھرمامیٹر سے کسی مائع کے ظاہری پھیلاؤ کے معیار کی قیمت ہی حاصل ہوتی ہے، اس لیے اگر اس کے ذریعے حقیقی پھیلاؤ کا

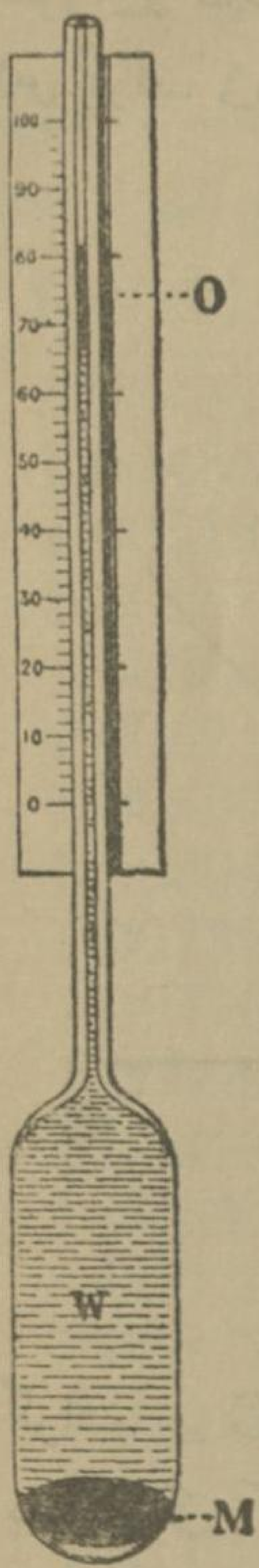
معیار دریافت کرنا مقصود ہو تو اوپر کی تفصیل کے مطابق تھرمامیٹر کے اپنے پھیلاؤ کے معیار g کو معلوم کرکے اسے ظاہری پھیلاؤ کے معیار میں جمع کرنا پڑتا ہے۔ لیکن ایک طریقہ ایسا ہے جس میں g کو دریافت کرنے اور بعد میں اسے جمع کرنے کی ضرورت پیش نہیں آتی بلکہ ویٹ تھرمامیٹر سے حقیقی پھیلاؤ کا معیار براہ راست حاصل ہو جاتا ہے ۔ اس طریقے میں جو ویٹ تھرمامیٹر استعمال کیا جاتا ہے وہ شیشے کا نہیں ہوتا بلکہ سلیکا (Silica) کا ہوتا ہے جس کے لیے حجمی پھیلاؤ کے معیار g کی قیمت اتنی کم ہوتی ہے کہ اس کے ذریعے ظاہری پھیلاؤ کا جو معیار معلوم کیا جاتا ہے وہ عملی طور پر حقیقی پھیلاؤ کے معیار کے برابر ہی لیا جا سکتا ہے ۔ اس کی وضاحت ایک مثال سے کی جاتی ہے ۔ تارپین کے تیل کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار 0·00094 ہے ۔ ادھر شیشے کے حجمی پھیلاؤ کا معیار 0·000029 ہے ۔ مگر سلیکا (Silica) کے حجمی پھیلاؤ کا معیار محض 0·0000015 ہے۔ اس لیے اگر شیشے کے ویٹ تھرمامیٹر سے تارپین کے تیل کا ظاہری پھیلاؤ کا معیار معلوم کیا جائے تو اس کی قیمت 0·00094 اور 0·000029 کے فرق کے برابر یعنی 0·00091 نکلے گی جو اس کی حقیقی قیمت 0·00094 سے کافی مختلف ہے ۔ اس لیے شیشے کے ویٹ تھرمامیٹر سے براہ راست حقیقی پھیلاؤ کی قیمت معلوم نہیں کی جا سکتی ۔ لیکن سلیکا (Silica) کے حجمی پھیلاؤ کا معیار محض 0·0000015 ہے ۔ اس لیے اگر سلیکا کے ویٹ تھرمامیٹر سے تارپین کے تیل کا ظاہری پھیلاؤ کا معیار معلوم کیا جائے تو اس کی قیمت 0·00094 اور 0·0000015 کے فرق کے برابر یعنی 0·0009385 نکلے گی جو عملی طور پر 0·00094 ہی کے برابر ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ جب سلیکا کے ویٹ تھرمامیٹر سے کسی مائع کے ظاہری پھیلاؤ کا معیار معلوم کیا جائے تو اس کی جو قیمت نکلتی ہے وہ عملی طور پر اس کے حقیقی پھیلاؤ کے معیار کی قیمت کے برابر ہوتی ہے اور اس طرح سلیکا کے ویٹ تھرمامیٹر کے ذریعے ہر مائع کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار براہ راست معلوم ہوجاتا ہے۔

پانی کا بے قاعدہ پھیلاؤ۔ عام مائعات حرارت سے پھیلتے ہیں اور برابر پھیلتے چلے جاتے ہیں ۔ مگر پانی کا حال اس بارے میں دوسرے

مائعات سے مختلف ھے - چنانچہ اگر 0^0C پر ٹھنڈا پانی لے کر اسے حرارت پہنچائی جائے تو وہ پھیلنے کی بجائے سکڑتا ھے اور 4^0C تک برابر حجم میں گھٹتا جاتا ھے - لیکن 4^0C سے اوپر وہ حرارت سے پھیلتا ھے اور نقطۂ جوش تک برابر پھیلتا جاتا ھے - پانی کی اس انوکھی خاصیت کو **پانی کا بے قاعدہ پھیلاؤ** (Anomalous expansion of water) کہتے ھیں -

پانی کے اس بے قاعدہ پھیلاؤ کے باعث عام پانی کو اگر ٹھنڈک پہنچائی جائے یا دوسرے لفظوں میں اس میں سے حرارت خارج کی جائے تو جوں جوں اس کا ٹمپریچر گھٹتا ھے وہ حجم میں سکڑتا جاتا ھے - یہاں تک کہ اس کا ٹمپریچر 4^0C کو پہنچ جاتا ھے - اس کے بعد مزید ٹھنڈک پہنچانے (یا مزید حرارت خارج کرنے پر) جب اس کا ٹمپریچر 4^0C سے نیچے گرتا ھے تو وہ پھیلنے لگتا ھے اور حجم میں بڑھنا شروع ھو جاتا ھے اور 0^0C تک جو اس کا نقطۂ انجماد (Freezing point) ھے ، حجم میں بڑھتا رھتا ھے - بالآخر جب وہ منجمد ھو کر برف میں منتقل ھوتا ھے تو اس برف کا حجم پانی سے زیادہ ھوتا ھے - یہی وجہ ھے کہ برف عام پانی سے ھلکی ھوتی ھے اور اس ھلکے پن کی وجہ سے پانی کی سطح پر تیرتی رھتی ھے -

پانی کے اس بے قاعدہ پھیلاؤ کو تجربے کے ذریعے ایک خاص آلے سے ظاھر کیا جا سکتا ھے جسے **ڈائی لیٹو میٹر** (Dilatometer) کہتے ھیں - یہ آلہ سلنڈر کی شکل کے ایک، چوڑے بلب اور اس کے ساتھ لگی ھوئی ایک باریک نلی پر مشتمل ھوتا ھے - یہ بلب اتنا بڑا ھوتا ھے کہ اس میں قریباً دو یا تین سو مکعب سنٹی میٹر (200 c.c. یا 300 c.c.) پانی آسکتا ھے - اس بلب کا قریباً $\frac{1}{7}$ حصہ پارے سے بھر دیا جاتا ھے - چونکہ پارے کا پھیلاؤ شیشے کے پھیلاؤ سے جس کا یہ بلب بنا ھے ، قریباً سات گنا زیادہ ھوتا ھے اس لیے حرارت سے بلب جس قدر پھیلتا ھے اتنا ھی اس کے اندر پارہ پھیل جاتا ھے - اس وجہ سے بلب کے اندر کی باقی جگہ جس میں پانی بھرا ھوتا ھے ، بلب کے پھیل جانے کے باوجود

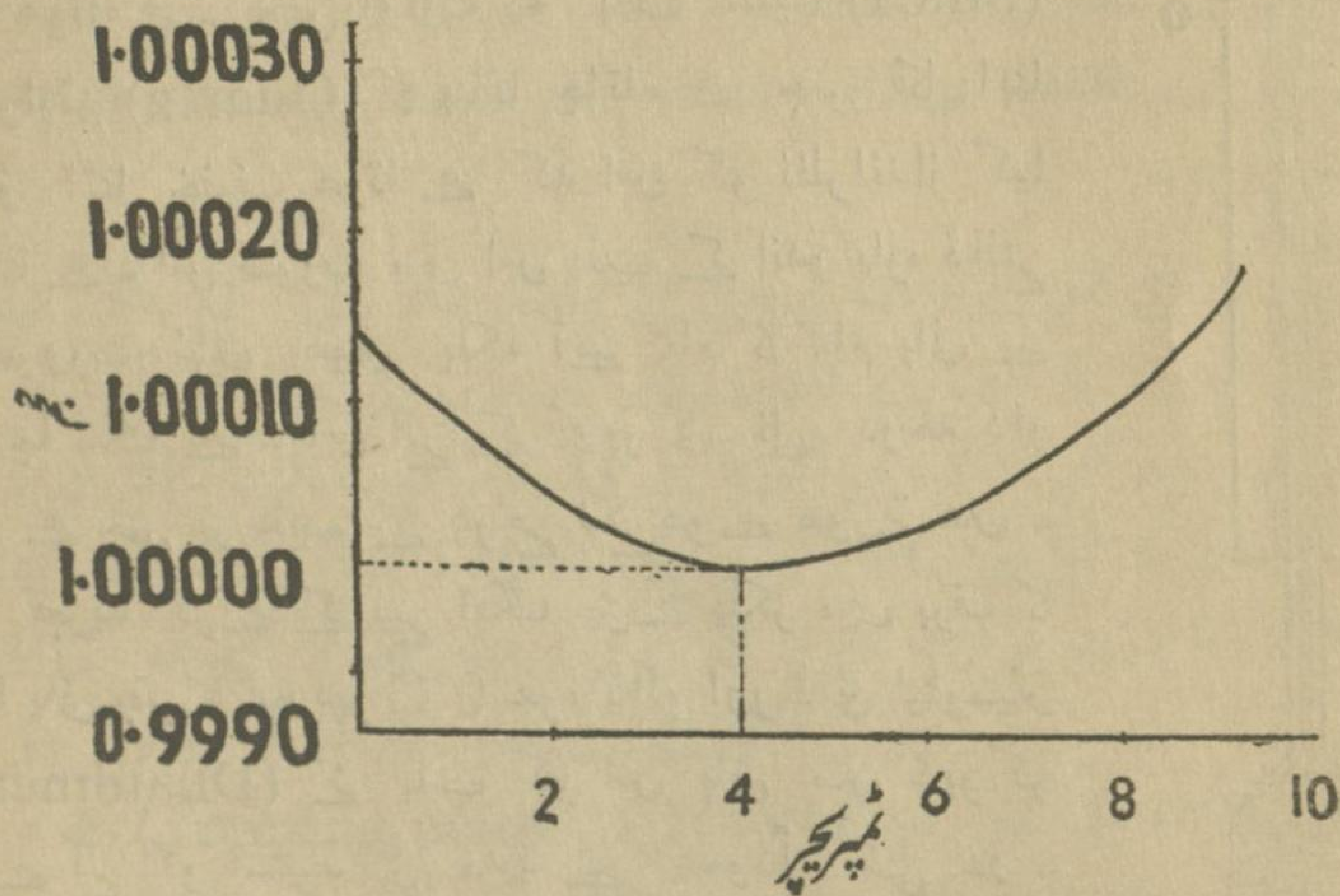


بھی حجم میں نہیں بڑھتی - اس طرح پارہ عملی طور پر بلب کے پھیلاؤ کے اثر کو زائل کر دیتا ہے اور اس کے اندر صرف پانی کے پھیلاؤ کا اثر ظاہر ہوتا ہے - بعض اوقات یہ بلب سلیکا (Silica) یا کوارٹز (Quartz) کا بنایا جاتا ہے جس کا اپنا پھیلاؤ اتنا خفیف ہوتا ہے کہ اس کو نظرانداز کیا جاسکتا ہے - اس صورت میں اس بلب کے اندر پارہ ڈالنے کی ضرورت نہیں ہوتی بلکہ اُسے تمام کا تمام پانی سے بھرا جا سکتا ہے - اس آلے کے اوپر کی نلی درجہ دار ہوتی ہے جس پر حجم کے درجے لگے ہوئے ہوتے ہیں -

تجربہ کرنے کے لیے ایک بڑے بیکر میں برف کا ٹھنڈا پانی جس کا ٹمپریچر 0°C ہو، ڈالو اور ڈائی لیٹومیٹر (Dilatometer) کے بلب کو اس پانی میں ڈبو کر پورے آلے کو اسٹینڈ کی مدد سے عموداً کس دو - جب بلب کا پانی بھی 0°C تک ٹھنڈا ہو جائے تو درجہ دار نلی پر اس کا حجم ناپ لو - اس کے بعد اس کے ٹمپریچر کو آہستہ آہستہ بڑھنے دو اور ایک ایک درجے کے فرق کے ساتھ (یعنی 1°C ، 2°C ، 3°C تا 10°C پر) ڈائی لیٹو میٹر (Dilatometer) میں بھرے ہوئے پانی کے حجم کی پیمائش لیتے رہو تو معلوم ہوگا کہ 0°C سے 4°C تک اس پانی کا حجم گھٹتا جاتا ہے ، جس سے ظاہر ہوتا ہے کہ 0°C سے 4°C تک پانی ٹمپریچر کے بڑھنے پر سکڑتا ہے - 4°C کے اوپر پانی کا حجم بڑھنے لگتا ہے اور پھر برابر بڑھتا جاتا ہے - اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ 4°C سے اوپر اپنے نقطۂ جوش تک پانی برابر پھیلے جاتا ہے - اس وجہ سے 4°C پر پانی کا حجم کم از کم اور اس کی کثافت زیادہ سے زیادہ ہوتی ہے -

اگر ایک گرام پانی لے کر 0°C سے 1°C تک ہر ڈگری پر اس کے حجم کی پیمائش کی جائے اور پھر X محور کے ساتھ ٹمپریچر کے درجوں اور

Y محور کے ساتھ حجم کے درجوں کو ظاہر کر کے گراف کھینچا جائے تو اس گراف کی یہ صورت حسب ذیل ہو گی :



اس گراف سے 0°C سے 4°C تک پانی کے سکڑنے اور 4°C سے آوپر پانی کے پھیلنے کی کیفیت ایک نظر میں ظاہر ہو جاتی ہے ۔

مختلف ٹمپریچر پر پانی کے حجم کا نقشہ ۔ سائنس دانوں نے بہت سے تجربے کر کے ایک گرام پانی کے حجم کو 0° سے 100°C تک ہر درجے پر نہایت صحیح صحیح ناپا ہے اور پھر ٹمپریچر کے مقابلے میں اس حجم کو ایک نقشے میں درج کیا ہے ۔

اس قسم کا ایک نقشہ جس میں 0°C سے 50°C تک ایک ایک درجے کے وقفے سے اور 50°C سے 100°C تک پانچ پانچ درجوں کے وقفے سے پانی کے حجم کی پیمائش دی گئی ہیں ، صفحہ 125 پر دیا گیا ہے ۔

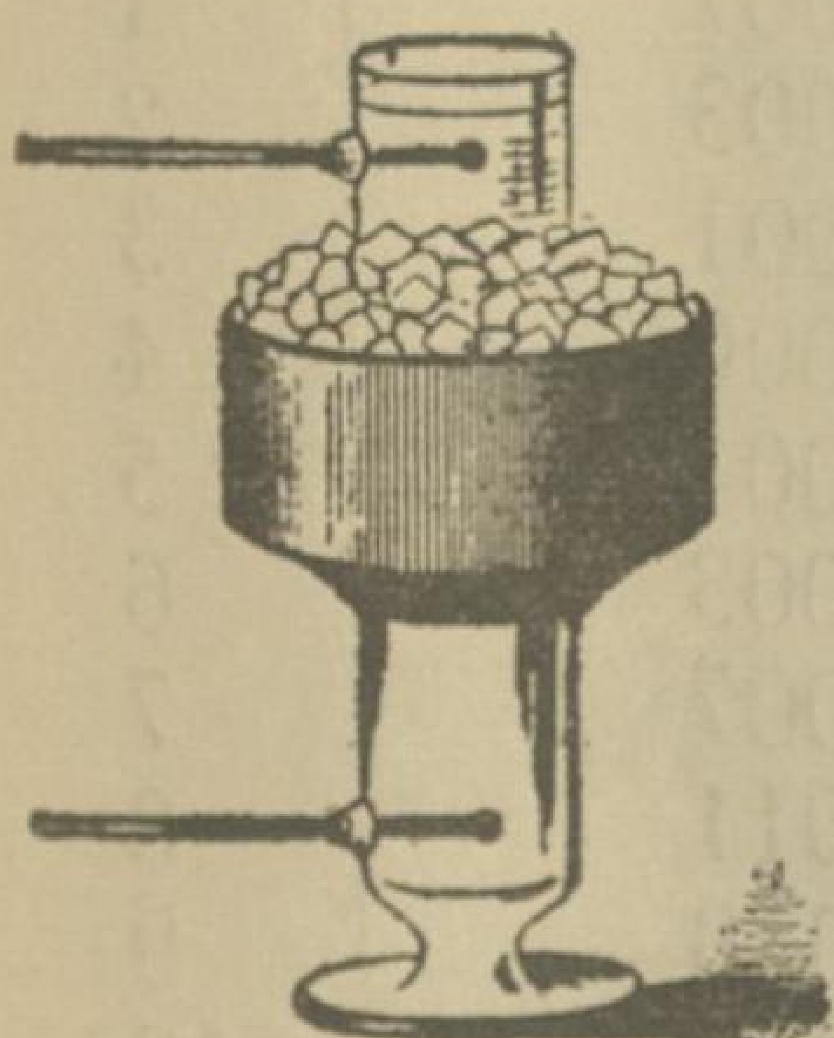
ہوپ کا آلہ (Hope's apparatus)- پانی کے بے قاعدہ پھیلاؤ کو ظاہر کرنے کے لیے ایک سائنس دان ہوپ (Hope) نے 1804ء میں

مختلف ٹمپریچروں پر پانی کے حجم کا نقشہ

ٹمپریچر (C° میں)	گرام پانی کا حجم (cc میں)	ٹمپریچر (C° میں)	گرام پانی کا حجم (cc میں)
0	1·00013	31	1·00455
1	1·00007	32	1·00486
2	1·00003	33	1.00518
3	1·00001	34	1·00551
4	1·00000	35	1·00586
5	1·00001	36	1·00621
6	1·00003	37	1·00657
7	1·00007	38	1·00694
8	1·00011	39	1·00732
9	1·00018	40	1·00770
10	1·00025	41	1·00809
11	1·00034	42	1·00849
12	1·00045	43	1·00889
13	1·00057	44	1·00929
14	1·00070	45	1·00971
15	1·00084	46	1·01014
16	1·00100	47	1·01057
17	1·00116	48	1·01101
18	1·00135	49	1·01148
19	1·00154	50	1·01195
20	1·00174	55	1·01439
21	1·00196	60	1·01691
22	1·00218	65	1·01964
23	1·00240	70	1·02256
24	1·00264	75	1·02566
25	1·00289	80	1·02887
26	1·00314	85	1·03221
27	1.00341	90	1·03567
28	1·00368	95	1·03931
29	1·00396	100	1·04312
30	1·00425		

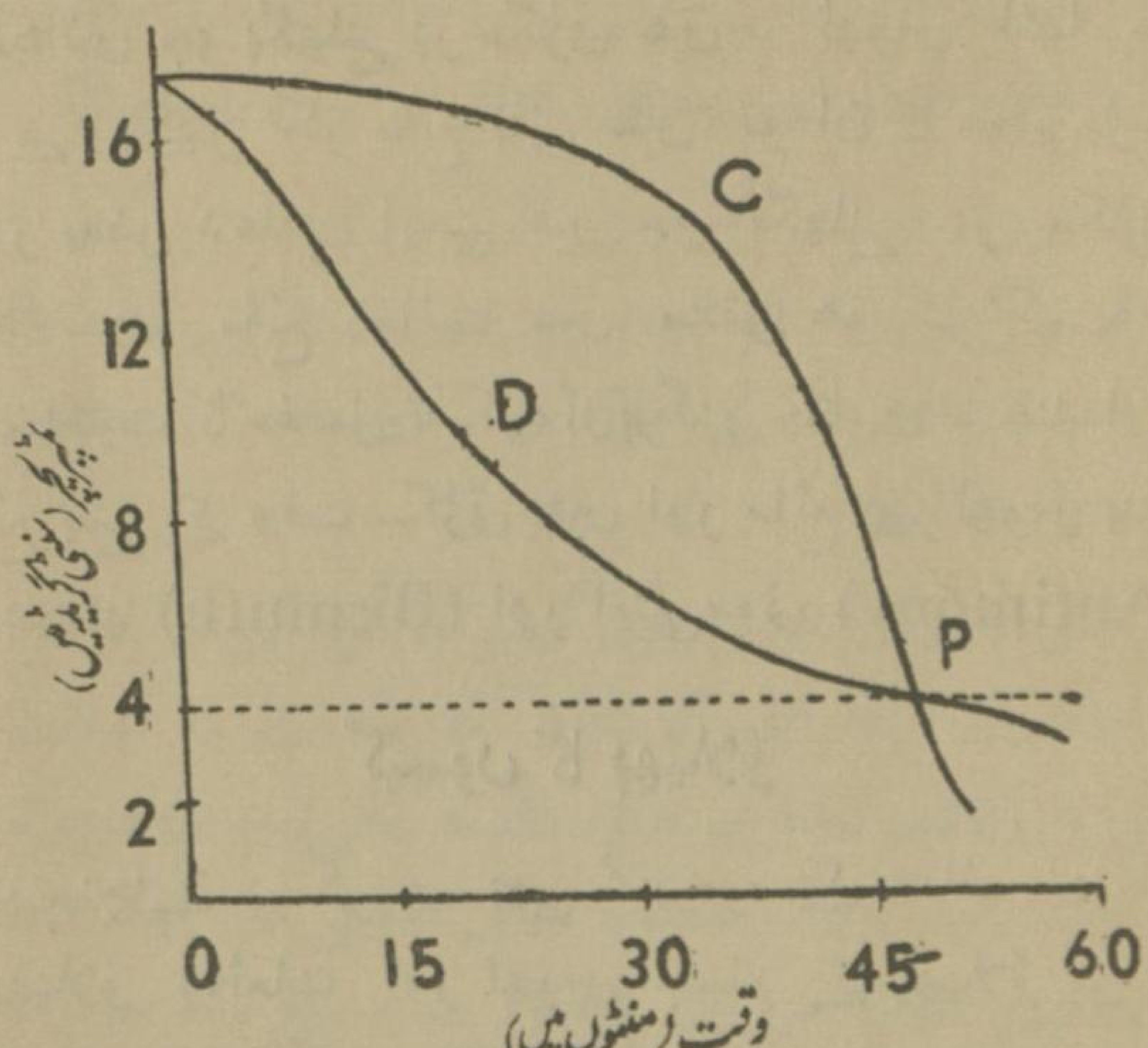
ایک آله بنایا جس کی مدد سے ثابت کیا جا سکتا ھے که پانی 4°C سے نیچے بھی پھیلتا ھے اور اوپر بھی پھیلتا ھے اور اس وجه سے اس کی زیادہ سے زیادہ کثافت 4°C پر ھوتی ھے۔ اس آلے کو ھوپ کا آله (Hope's apparatus) کہتے ھیں۔

ھوپ کا یه آله دھات کے ایک لمبے سلنڈر پر مشتمل ھوتا ھے جس کے درمیان میں چاروں طرف دھات کا ایک ٹب لگا ھوتا ھے۔ سلنڈر کے اوپر اور نیچے کے حصے میں دو سوراخ نکال کر ان میں کارک لگا دیے جاتے ھیں اور ھر کارک میں سے ایک ایک تھرمامیٹر گزار دیا جاتا ھے۔



تجربه کرتے وقت سلنڈر کو پانی سے بھر دو اور باھر کے ٹب میں منجمد کرنے والا آمیزہ (Freezing mixture) مثلاً نمک ملی برف کا چورہ ڈال دو۔ برف کی ٹھنڈک سے سلنڈر کے اندر کا پانی سرد ھو کر سکڑے گا اور بھاری ھو جانے کے باعث سلنڈر کے نیچے کے حصے میں چلا جائے گا۔ اس وجه سے نیچے کے تھرمامیٹر کا ٹمپریچر تیزی سے گرے گا۔ لیکن اوپر کا تھرمامیٹر قریباً قریباً اپنے پہلے ٹمپریچر پر قائم رھے گا یا اس میں ٹمپریچر کی بہت تھوڑی کمی آئے گی۔ جب کافی وقت گزرنے کے بعد نیچے کا ٹمپریچر 4°C کے قریب پہنچے گا تو اس میں ٹمپریچر کی کمی کی شرح بہت مدھم ھو جائے گی اور آخر کار اس کا ٹمپریچر 4°C پر قریباً قریباً مستقل ھو جائے گا۔ مگر اوپر کے تھرمامیٹر کا ٹمپریچر اب تیزی سے گرنے لگے گا اور 4°C سے نیچے بھی بدستور گرتا گرتا 0°C تک پہنچ جائے گا۔ اس تجربے سے معلوم ھوتا ھے که جب پانی کو ٹھنڈا کیا جاتا ھے تو 4°C تک وہ مسلسل بھاری ھوتا جاتا اور نیچے آتا جاتا ھے مگر جب اس کا ٹمپریچر 4°C سے نیچے گرتا ھے تو وہ بتدریج ھلکا ھو کر اوپر آتا جاتا ھے۔ اس کے معنی یه ھیں که 4°C پر وہ سب سے بھاری ھوتا ھے اور اس وجه سے اس کی کثافت 4°C پر سب سے زیادہ اور اس کا حجم 4°C پر سب سے کم ھوتا ھے۔ ھوپ کے

آلے میں وقت کے ساتھ دونوں تھرمامیٹروں میں ٹمپریچر کی جو کمی بتدریج آتی ہے وہ ذیل کے گراف میں دکھائی گئی ہے :



اس شکل میں وقت X محور کے ساتھ اور ٹمپریچر Y محور کے ساتھ ظاہر کیا گیا ہے - دونوں تھرمامیٹروں کے متعلق دو گراف علیحدہ علیحدہ کھینچے گئے ہیں - ان میں C گراف اوپر کے ٹمپریچر کا اور D گراف نیچے کے ٹمپریچر کا ہے اور ان گرافوں سے دونوں تھرمامیٹروں میں ٹمپریچر کی کمی کی صورت جس کی تفصیل اوپر گزر چکی ہے ، ایک نظر میں ظاہر ہو جاتی ہے -

پانی کے بے قاعدہ پھیلاؤ کے فوائد - پانی کی یہ خاصیت کہ 4°C پر اس کی کثافت سب سے زیادہ ہوتی ہے ، قدرت میں دو فوائد کا موجب ہے - جب سرد ممالک میں سمندروں ، دریاؤں اور جھیلوں وغیرہ کا پانی موسم سرما میں 4°C سے نیچے گرتا ہے تو ہلکا ہو کر اوپر آتا ہے ، یہاں تک کہ اوپر کی تہ منجمد ہو کر برف بن جاتی ہے مگر برف کے ناقص موصل ہونے کے باعث نیچے کا پانی 4°C پر مائع بنا رہتا ہے ، اس لیے آبی جانور اس پانی میں بدستور زندہ رہتے ہیں - جب موسم گرما میں سورج کی کرنیں تیز چمکتی ہیں تو چونکہ برف پانی کے اوپر تیر

رھی ھوتی ھے ، اس لیے یہ کرنیں برف تک براہ راست پہنچ کر اس کو پگھلا دیتی ھیں -

بعض دھاتیں جو پگھلنے پر سکڑتی ھیں - ٹھوس اشیا عام طور پر جب حرارت سے پگھل کر مائع بنتی ھیں تو ان کا حجم بڑھ جاتا ھے - لیکن برف اور بعض دھاتیں ایسی ھیں جو پگھلنے پر سکڑتی ھیں اور اس لیے ان کا حجم مائع حالت میں منتقل ھو کر کم ھو جاتا ھے - برف کی اس خاصیت کا مفصل تذکرہ اوپر گزر چکا ھے - چند اور دھاتیں جو ٹھوس سے مائع بننے کے وقت سکڑتی ھیں اور مائع سے ٹھوس بننے پر پھیلتی ھیں لوھا ، بسمتھ (Bismuth) اور اینٹی‌مونی (Antimony) ھیں -

گیسوں کا پھیلاؤ

حرارت پہنچانے پر گیسیں بھی ٹمپریچر کے ساتھ پھیلتی ھیں اور گیسوں کا پھیلاؤ مائعات اور ٹھوس اجسام کے پھیلاؤ سے کہیں زیادہ ھوتا ھے ، اس لیے ایک گیس کے پھیلاؤ پر اس برتن کے پھیلاؤ کا عملی طور پر کچھ اثر نہیں ھوتا جس میں وہ گیس محصور ھے - یہی وجہ ھے کہ مائع کے پھیلاؤ میں ظاھری پھیلاؤ اور حقیقی پھیلاؤ کا جو فرق پایا جاتا ھے وہ گیسوں کے پھیلاؤ میں موجود نہیں ھوتا لیکن گیسوں کے پھیلاؤ میں ایک امر ایسا ھے جس کو پیش نظر رکھنا نہایت ضروری ھے - وہ گیس کا دباؤ ھے - ٹھوس اجسام اور مائعات عام طور پر داب پذیر نہیں ھوتے - اس لیے عام طور پر ان پر دباؤ کی کمی اور زیادتی کا چنداں فرق نہیں پڑتا اور اس وجہ سے ان کے پھیلاؤ کا مطالعہ کرنے میں دباؤ کو شمار میں نہیں لایا جاتا - لیکن گیسیں سب کی سب بہت زیادہ داب پذیر (Compressible) ھوتی ھیں - چنانچہ محض دباؤ کو بڑھا دینے یا گھٹا دینے سے ان کے حجم میں بہت زیادہ کمی یا زیادتی پیدا ھو جاتی ھے ، اس وجہ سے حرارت سے گیسوں کے پھیلاؤ کی چھان بین کرنے میں دباؤ کا لحاظ رکھنا بہت ضروری ھوتا ھے - اس ضمن میں سائنس دانوں نے اپنی آسانی کے لیے تین واضح صورتیں مقرر کی ھیں اور وہ گیسوں کے پھیلاؤ کی تحقیق ھمیشہ ان تین صورتوں

میں سے کسی ایک کے ماتحت کرتے ھیں ۔ ان میں سے ایک صورت وہ ھے جس میں گیس کے دباؤ کو ایک ھی قیمت پر برقرار رکھا جاتا ھے ۔ البتہ ٹمپریچر کے بڑھنے یا گھٹنے سے صرف اس کے حجم میں کمی یا زیادتی پیدا کی جاتی ھے ۔ **اسے مستقل دباؤ پر گیس کا پھیلاؤ** کہتے ھیں ۔

دوسری صورت وہ ھے جس میں گیس کے حجم کو تو ایک ھی قیمت پر برقرار رکھا جاتا ھے البتہ ٹمپریچر کے بڑھنے یا گھٹنے سے صرف اس کے دباؤ میں زیادتی پیدا کی جاتی ھے ۔ **اسے مستقل حجم پر گیس کے پھیلاؤ** کا نام دیا جاتا ھے ۔

تیسری صورت وہ ھے جس میں گیس کا ٹمپریچر تو ایک ھی قیمت پر برقرار رکھا جاتا ھے البتہ اس کے دباؤ کو بڑھانے یا گھٹانے سے اس کے حجم میں کمی یا زیادتی پیدا کی جاتی ھے ۔ یہ تیسری صورت حرارت سے پھیلاؤ کے ماتحت تو نہیں آسکتی لیکن ویسے یہ ایک اھم صورت ھے اور **بوائل کا مشہور قانون** اسی سے متعلق ھے ۔ چونکہ حرارت سے گیسوں کے پھیلاؤ کے عمومی تعلق کو ظاھر کرنے میں اس قانون کا بھی اطلاق ھوتا ھے اس لیے سب سے پہلے اس کا تذکرہ مناسب معلوم ھوتا ھے ۔

بوائل کا قانون ۔ کسی خاص مقدار کی گیس کا دباؤ اس کے حجم کے بالعکس متناسب ھوتا ھے بشرطیکہ اس کا ٹمپریچر مستقل رھے ۔ ریاضی کی رو سے اگر کسی گیس کی ایک خاص کمیت کا دباؤ P اور حجم V ھو تو

$$PV = \text{مستقل}$$

جب کہ اس کا ٹمپریچر t° ایک قیمت پر قائم رھے ۔

بوائل کا قانون تمام مستقل گیسوں مثلاً ھائیڈروجن ، آکسیجن ، نائٹروجن وغیرہ پر صادق آتا ھے بشرطیکہ یہ گیسیں اپنے نقطۂ اماعت (Liquefying point) کے قریب نہ ھوں ۔

گیس کے پھیلاؤ کے دو معیار ۔ ٹمپریچر کے ساتھ کسی گیس کے پھیلاؤ کی دو مذکورہ بالا صورتوں کے مطابق گیس کے پھیلاؤ کے دو

معیار حاصل ہوتے ہیں - ان میں سے ایک کو گیس کے حجم کی زیادتی کا معیار (Coefficient of increase of volume) یا **محض حجم کا معیار** (Volume coefficient) اور دوسرے کو گیس کے دباؤ کی زیادتی کا معیار (Coefficient of increase of pressure) یا محض دباؤ کا معیار (Pressure coefficient) کہتے ہیں -

حجم کی زیادتی کا معیار - جب کسی گیس کے دباؤ کو برقرار رکھا جائے تو ایک مکعب سنٹی میٹر گیس کو $0°C$ سے $1°C$ تک گرم کرنے سے اس کے حجم میں جو زیادتی پیدا ہوتی ہے اسے اس **گیس کے حجم کی زیادتی کا معیار یا محض حجم کا معیار** کہتے ہیں - اسے عام طور پر حرف α سے تعبیر کیا جاتا ہے -

حجم کی زیادتی کا معیار (ایک اور تعریف) - حجم کی زیادتی کے معیار کی تعریف ایک اور طرح سے بھی کی جا سکتی ہے جو حسب ذیل ہے :

مستقل دباؤ کے ماتحت کسی گیس کو $0°C$ سے $1°C$ تک گرم کرنے سے اس کے حجم کی پیدا شدہ زیادتی اور اس دباؤ کے ماتحت اس گیس کے $0°C$ پر کے حجم کی باہمی نسبت کو اس **گیس کے حجم کی زیادتی کا معیار یا محض حجم کا معیار** کہتے ہیں -

دباؤ کی زیادتی کا معیار - مستقل حجم پر کسی گیس کو $0°C$ سے $1°C$ تک گرم کرنے سے اس کے دباؤ کی پیدا شدہ زیادتی اور اسی حجم پر اس گیس کے $0°C$ پر کے دباؤ کی باہمی نسبت کو اس **گیس کے دباؤ کی زیادتی کا معیار یا محض دباؤ کا معیار** کہتے ہیں - اسے عموماً حرف β سے ظاہر کیا جاتا ہے -

ریاضی کی رو سے ثابت کرنا کہ دباؤ کا معیار حجم کے معیار کے برابر ہوتا ہے - یہ بات ریاضی کی رو سے ثابت کی جا سکتی ہے کہ اُن تمام گیسوں کے لیے جن پر بوائل کے قانون کا اطلاق ہوتا ہے ، دباؤ کے معیار α اور حجم کے معیار β کی قیمتیں برابر ہوتی ہیں -

فرض کرو کہ $0°C$ پر کسی گیس کی ایک خاص مقدار کا حجم V_0 اور دباؤ P_0 ہے ، اس کے دباؤ کو مستقل رکھ کر اسے $t°C$ تک

گرم کرو ۔ تب اگر اس کا نیا حجم V_t ہو تو

$$V_t = V_0(1+\alpha t)$$

اب ٹمپریچر $t°C$ کو برقرار رکھ کر دباؤ کو اتنا بڑھاؤ کہ گیس دوبارہ اپنے پہلے حجم V_0 پر واپس آ جائے ۔ فرض کرو کہ یہ بڑھا ہوا دباؤ P_t ھے ، تب چونکہ اس حالت میں حجم پہلے کا سا ھے ، اس لیے اسے ایک ایسی تبدیلی قرار دیا جا سکتا ھے جس میں حجم برقرار رھتا ھے اور دباؤ ٹمپریچر کے ساتھ بدلتا ھے ۔ اس وجہ سے

$$P_t = P_0(1+\beta t)$$

اب اگر ھم $t°C$ پر گیس کی دونوں صورتوں کا جائزہ لیں تو ھمیں معلوم ھوگا کہ پہلی صورت میں اس کا حجم V_t اور اس کا دباؤ P_0 ھے اور دوسری صورت میں اس کا حجم V_0 اور اس کا دباؤ P_t ھے ، جب کہ ایک ھی ٹمپریچر $t°C$ پر رھنے کے باعث ان دونوں حالتوں پر بوائل کا قانون صادق آتا ھے ۔ اس لیے

$$P_0V_t = P_tV_0 \text{.........................} (i)$$

مگر اس سے پہلے یہ ثابت کیا جا چکا ھے کہ

$$V_t = V_0(1+\alpha t)$$
$$P_t = P_0(1+\beta t)$$

پس V_t اور P_t کی ان قیمتوں کو (i) میں شامل کرنے سے

$$P_0V_0(1+\alpha t) = P_0V_0(1+\beta t)$$

یا $\quad 1+\alpha t = 1+\beta t$

یا $\quad \alpha t = \beta t$

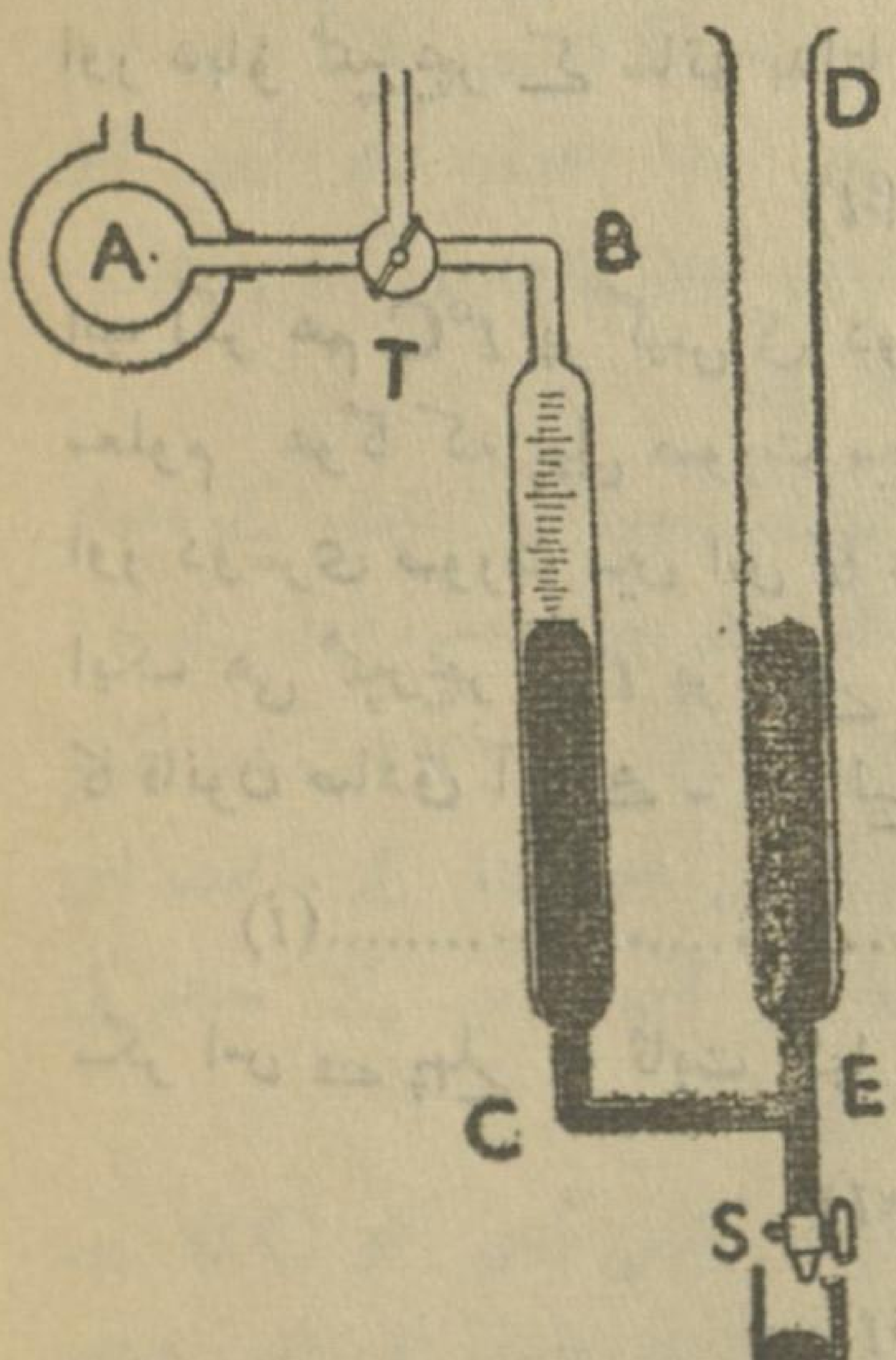
$\therefore \quad \alpha = \beta$

اس سے ثابت ھوتا ھے کہ ان تمام گیسوں کے لیے ، جن پر بوائل کا قانون صادق آتا ھے ، حجم کے معیار α اور دباؤ کے معیار β کی قیمتیں برابر ھوتی ھیں ۔

گیس کے حجم کے معیار اور دباؤ کے معیار کی عملی پیمائش -

فرانس کے مشہور سائنس دان رینو (Regnault) نے مختلف گیسوں کے حجم کے معیار اور دباؤ کے معیار کی پیمائشیں نہایت صحیح صحیح کی تھیں اور اس مقصد کے لیے ایک خاص آلے کا استعمال کیا تھا جس کو رینو کا آلہ کہتے ہیں -

اس آلے میں شیشے کا ایک بلب A ہے جو ایک باریک نلی کے ذریعے ایک U نلی BCED کے ساتھ ملا ہوا ہے - اس باریک نلی میں ایک چھوٹی سی T نلی مع ٹونٹی کے لگی ہے جس کے ذریعے بلب کی ہوا کو خارج کر کے اس کی جگہ دی ہوئی گیس بھری جا سکتی ہے - U نلی کے دونوں بازو بہت لمبے اور شیشے کے بنے ہیں اور انھیں نیچے سے دھات کی ایک مڑی ہوئی نلی E کے ذریعے ملایا گیا ہے - اس مڑی ہوئی نلی کے ساتھ ایک ٹونٹی S لگی ہے اور ٹونٹی S کے نیچے ایک بیکر پڑا ہے - U نلی کے بائیں بازو کے اوپر ایک نشان M لگا ہے اور اس نشان کے نیچے اس کے بازو کے ساتھ ساتھ حجم کے درجے لگے ہیں جو بلب A اور اس بازو کے اوپر کے حصے میں محصور گیس کے حجم کو ظاھر کرتے ہیں - U نلی کے اندر پارہ بھرا ہے جس کی سطح اس کے دونوں بازوؤں میں نظر آتی ہے -



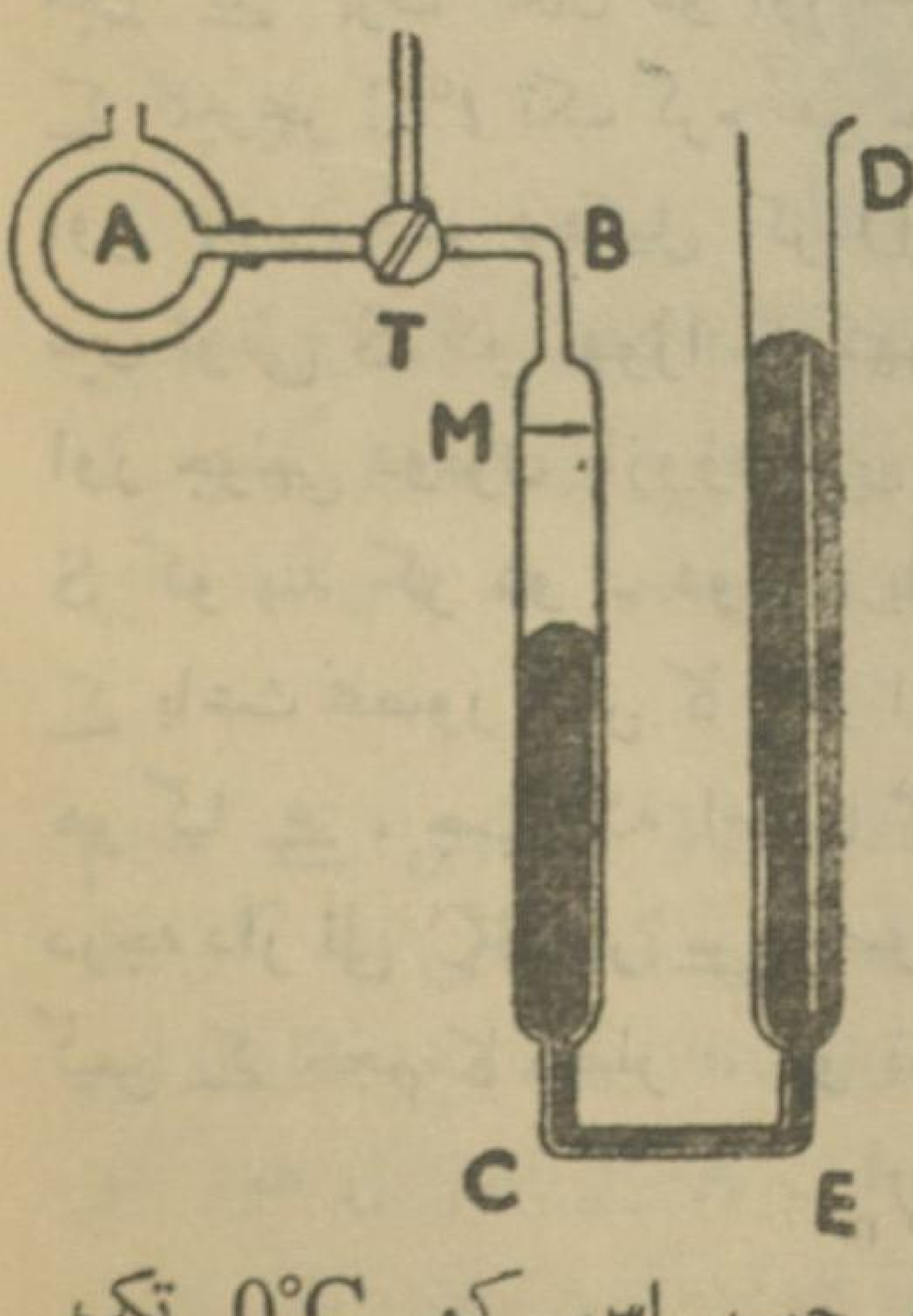
گیس کے حجم کے معیار کی پیمائش - مستقل دباؤ پر گیس کے حجم کے معیار کی پیمائش کرنے کے لیے U نلی کے نیچے کی ٹونٹی بند کر کے اس میں پارہ بھرو جس کی سطح اس نلی کے دونوں بازوؤں میں کافی اونچی نظر آنے لگے - پھر ٹونٹی T میں سے بلب A کے اندر کی ہوا کو آھستہ آھستہ خارج کر کے اس کی بجائے دی ہوئی گیس بھر دو جسے

مختلف جاذب نم مرکبات میں سے گزار کر خشک کر لیا گیا ہو۔ اس کے بعد ٹونٹی T کو مستقل طور پر بند کر دو۔ بلب A کے باہر ایک اور گول برتن لگاؤ اور اس بیرونی برتن میں خالص پگھلتی ہوئی برف ڈالو جس کا ٹمپریچر 0°C ہو۔ اس پگھلتی ہوئی برف کے اثر سے تھوڑی دیر کے بعد بلب A کے اندر کی گیس کا ٹمپریچر 0°C ہو جائے گا۔ اب U نلی میں پارے کی مقدار کو حسب ضرورت کم یا زیادہ کر کے نلی کے دونوں بازوؤں میں پارے کی سطح کو برابر کرو۔ پارے کی مقدار کو زیادہ کرنے کا طریقہ یہ ہے کہ اس نلی کے بیرونی بازو ED کے کھلے منہ D میں سے پارہ اس کے اندر ڈال دیا جائے اور پارے کی مقدار کو کم کرنے کا طریقہ یہ ہے کہ ٹونٹی S کھول کر کچھ پارے کو خارج کر دیا جائے۔ اس حالت میں محصور گیس کا ٹمپریچر 0°C ہے اور چونکہ پارے کی سطح U نلی کے دونوں بازوؤں میں ایک ہی ہے۔ اس لیے اس محصور گیس کا دباؤ وہی ہے جو کرۂ ہوائی کا ہے۔ U نلی کے بازو BC پر سے جس پر حجم کے درجے لگے ہوئے ہیں، پارے کی سطح کے مقابل کا درجہ پڑھ کر محصور گیس کا حجم V_0 معلوم کرو۔ اب بلب A کے باہر کے برتن میں سے برف نکال دو اور اس میں بھاپ گزارو تاکہ محصور گیس بھاپ کے ٹمپریچر t°C تک گرم ہو جائے۔ گرم ہو کر یہ گیس پھیلے گی اور پارے کو دھکیل کر ED نلی میں اوپر چڑھا دے گی۔ اس حالت میں ٹونٹی S کو تھوڑا سا کھول کر پارے کو آہستہ آہستہ خارج کرو اور جونہی دونوں بازوؤں میں پارے کی سطح برابر ہو جائے، اس ٹونٹی S کو بند کر دو۔ دونوں بازوؤں میں پارے کی سطح کے برابر ہونے کے باعث محصور گیس کا دباؤ ایک بار پھر کرۂ ہوائی کے دباؤ کے برابر ہو گیا ہے، جب کہ اس کا ٹمپریچر t°C ہے جو بھاپ کا ٹمپریچر ہے۔ درجہ دار نلی BC پر سے محصور گیس کا حجم V_t معلوم کرو۔ تب اگر گیس کے حجم کا معیار α ہو تو

$$\alpha = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

دباؤ کے معیار کی پیمائش - مستقل حجم پر گیس کے دباؤ کے معیار کی پیمائش کرنے کے لیے U نلی کے بائیں بازو کے اوپر کے حصے میں ایک نشان M بنا دیا جاتا ہے - U نلی میں پارے کی مناسب مقدار ڈالو اور ٹونٹی T میں سے بلب A کی ہوا کو آہستہ آہستہ خارج کر کے اس کی بجائے دی ہوئی گیس اس کے اندر بھرو - اس کے بعد ٹونٹی T بند کر دو ، بلب A کے گرد ایک برتن رکھو اور اس بیرونی برتن میں خالص پگھلتی ہوئی برف ڈالو جس سے بلب کے اندر کی محصور گیس کا ٹمپریچر 0°C ہو جائے جو برف کا ٹمپریچر ہے - U نلی کے بیرونی بازو ED کے کھلے منہ D میں سے اتنا پارہ اور ڈالو ، جو بازو BC میں پارے کی سطح کو نشان M تک لے آئے - اس حالت میں بازو ED کے اندر پارے کی سطح بازو BC کے اندر پارے کی سطح سے جتنی زیادہ بلند ہو ، اس کی پیمائش کرو - فرض کرو کہ پارے کی دونوں سطحوں کا یہ فرق h_0 ہے - ایک اعلیٰ قسم کے بیرومیٹر کے ذریعے کرۂ ہوائی کے دباؤ P کی قیمت معلوم کرو - تب اگر بلب کے اندر محصور گیس کا دباؤ P_0 ہو تو

$$P_0 = P + h_0$$



اب بیرونی برتن میں سے برف کو نکال لو اور اس میں سے بھاپ گزارو جس سے بلب کے اندر کی محصور گیس t°C تک گرم ہو جائے ، جو بھاپ کا ٹمپریچر ہو - گرم ہو کر یہ گیس پھیلے گی اور پارے کو BC بازو میں دھکیل کر اس کی سطح نشان M سے نیچے کر دے گی - بازو DE کے کھلے منہ میں سے اتنا پارہ اور اندر ڈالو جس سے BC بازو میں پارے کی سطح دوبارہ نشان M تک آ جائے اور اس طرح گیس کا حجم وہی ہو جائے جو پہلی صورت میں تھا ، جب اس کو 0°C تک

ٹھنڈا کیا گیا تھا ۔ اس حالت میں دوسرے بازو ED میں پارے کی سطح پہلے بازو BC کے اندر پارے کی سطح سے جتنی زیادہ بلند ہو ، اس کی پیمائش کرو ۔ فرض کرو کہ دونوں بازوؤں میں پارے کی سطح کا یہ فرق h_t ہے ۔ بیرومیٹر سے کرۂ ہوائی کے دباؤ P کی قیمت معلوم کرو ۔ تب اگر بھاپ کے ٹمپریچر $t°C$ پر بلب کے اندر محصور گیس کا دباؤ P_t ہو تو

$$P_t = P + h_t$$

اب اگر گیس کے دباؤ کا معیار β ہو تو

$$\beta = \frac{P_t - P_0}{P_0 \times t}$$

رینو نے اپنے تجربات کی بنا پر مندرجہ ذیل نتائج اخذ کیے :

۱ ۔ تمام مستقل[1] گیسوں مثلاً ہائیڈروجن ، نائٹروجن ، ہوا وغیرہ کے لیے دباؤ کے معیار کی قیمتیں قریباً تو برابر ہوتی ہیں اور ان کی قیمت پہلے تخمینے (First approximation) تک $\frac{1}{273}$ ہی ہوتی ہے ، لیکن یہ قیمتیں بالکل برابر نہیں ہوتیں ۔ ہاں یہ ضرور ہے کہ ان کی قیمتوں میں جو فرق پایا جاتا ہے ، وہ زیادہ نہیں ہوتا ۔

۲ ۔ کسی مستقل گیس کے لیے حجم کا معیار اور دباؤ کا معیار دونوں قریباً برابر ہوتے ہیں ، مگر وہ بالکل برابر نہیں ہوتے ۔ البتہ ان میں فرق خفیف ہوتا ہے ۔

۳ ۔ مختلف گیسوں کے لیے حجم کے معیار کی قیمت کم دباؤ پر خفیف سی بڑھ جاتی ہے ، مگر ہائیڈروجن کے لیے یہ قیمت کم دباؤ پر بھی مستقل رہتی ہے ۔

چارلس اور گے لوسک کی تحقیقات ۔ رینو (Regnault) سے پہلے

---

۱ ۔ مستقل گیس سے ایسی گیس مراد ہوتی ہے جو عام ٹمپریچروں پر رہتے ہوئے محض دباؤ ڈالنے سے مائع حالت میں تبدیل نہیں ہوتی ، خواہ یہ دباؤ کتنا ہی زیادہ کیوں نہ ہو

فرانس ہی کے دو سائنس دان چارلس (Charles) اور گے لوسک (Gay Lussac) اپنے اپنے طور پر مختلف گیسوں کے لیے حجم کے معیار کی قیمتیں دریافت کر چکے تھے ۔ اس ضمن میں چارلس نے مختلف گیسوں پر تجربے کر کے معلوم کیا کہ مستقل دباؤ پر گیس کے حجم کے معیار کی قیمت 0·00366 ہے اور یہ قیمت تمام گیسوں کے لیے برابر ہوتی ہے ۔ 0·00366 کو جب کسروں میں ظاہر کیا جائے تو $\frac{1}{273}$ بنتے ہیں ۔ اس بنا پر اس نے گیسوں کے پھیلاؤ کے متعلق مندرجہ ذیل قانون پیش کیا جو اس کے نام پر چارلس کا قانون کہلاتا ہے ۔

چارلس کا قانون (Charles' law) ۔ اگر مستقل دباؤ پر ایک خاص کمیت کی کسی گیس کو 0°C تک گرم کیا جائے تو اس کے حجم میں جو زیادتی پیدا ہوتی ہے وہ اس گیس کے 0°C کے حجم کا $\frac{1}{273}$ ہوتی ہے ۔

نوٹ ۔ چارلس نے گیسوں کے متعلق اپنے تجربات کو شائع نہیں کیا تھا جس کی وجہ سے اس کے تجربوں کے نتائج سے دیگر سائنس دان اس کی زندگی میں نا آشنا رہے ۔ البتہ جب گے لوسک نے اس موضوع پر اپنے کام کی ابتدا کی تو اُسے چارلس کی تحقیقات کا علم ہوا ، جسے اس نے کمال دیانت داری سے شائع کر دیا اور اس طرح سائنس کی تاریخ میں چارلس کو زندہ جاوید بنا دیا ۔

رینو کے تجربات کے نتائج ۔ چارلس اور گے لوسک کے مقابلے پر رینو کے تجربات نسبتاً اعلیٰ پیمانے پر کیے گئے تھے اور اُن کے نتائج بھی زیادہ صحیح تھے ۔ اس کی تحقیقات کے مطابق مستقل گیسوں کے لیے حجم کے معیار کی قیمتیں (0°C سے 100°C کے درمیان میں) مندرجہ ذیل تھیں :

ہوا = 0·003674

ہائیڈروجن = 0·003663

نائٹروجن = 0·003675

کاربن ڈائی آکسائڈ = 0·003725

مطلق صفر - فرض کیجیے کہ ایک گیس کا حجم $0°C$ پر V_0 ہے اور آسے یکساں دباؤ پر رکھتے ہوئے بتدریج ٹھنڈا کیا جاتا ہے، یعنی اس میں سے بتدریج حرارت خارج کی جاتی ہے تو $-1°C$ پر اس کے حجم میں $\frac{1}{273}V_0$ کی کمی ہو جائے گی اور اس لیے یہ حجم $(V_0 - \frac{1}{273}V_0)$ یعنی $\frac{272}{273}V_0$ رہ جائے گا۔ جب گیس کا ٹمپریچر $-100°C$ کو پہنچے گا تو اس کا حجم $(V_0 - \frac{100}{273}V_0)$ یعنی $\frac{173}{273}V_0$ رہ جائے گا۔ جب گیس کا ٹمپریچر $-273°C$ ہو جائے گا تو اس کا حجم $V_0 - \frac{273}{273}V_0$ یعنی 0 رہ جائے گا۔ دوسرے لفظوں میں یہ حجم معدوم ہو جائے گا۔ لیکن کسی اصلی گیس کا حجم بے حد کم ہو سکتا ہے، مگر وہ معدوم نہیں ہو سکتا اور حقیقت میں ہوتا بھی یوں ہے۔ البتہ اس بحث سے یہ بات ظاہر ہو جاتی ہے کہ ایسی گیس کا کم از کم ٹمپریچر نظری طور پر بھی $-273°C$ تک خیال کیا جاتا ہے، اس سے نیچے کے ٹمپریچر کی موجودگی کا تصور تک بھی نہیں کیا جا سکتا۔ اس لیے $-273°C$ کا یہ ٹمپریچر **مطلق صفر** (Absolute zero) کہلاتا ہے اور اسے $0°K$ سے تعبیر کیا جاتا ہے۔

مطلق ٹمپریچر اور اس کا پیمانہ - ٹمپریچر کا وہ پیمانہ جس کو مطلق صفر یعنی $-273°C$ سے شروع کیا جاتا ہے **ٹمپریچر کا مطلق پیمانہ** کہلاتا ہے اور اس پیمانے پر ظاہر کردہ ٹمپریچر کو **مطلق ٹمپریچر** (Absolute temperature) کہتے ہیں۔ جہاں تک ایک ڈگری یعنی درجے کی مقدار کا تعلق ہے، سنٹی گریڈ پیمانے کی ایک ڈگری مطلق پیمانے کی ایک ڈگری کے برابر ہوتی ہے۔ اب جس طرح سنٹی گریڈ پیمانے کے مختلف درجوں کو حرف $°C$ سے ظاہر کیا جاتا ہے، اسی طرح مطلق پیمانے کے درجوں کو حرف $°K$ سے ظاہر کرتے ہیں۔ مثلاً $100°C$ سے وہ ٹمپریچر مراد ہے جو سنٹی گریڈ پیمانے کے صفر یعنی $0°C$ سے جو برف کے پگھلاؤ کا درجہ 100 درجے ہے، اوپر ہوتا ہے۔ اسی طرح $100°K$ سے وہ ٹمپریچر مراد ہوتا ہے جو مطلق پیمانے کے صفر یعنی $0°K$ سے 100 درجے اوپر ہوتا ہے۔

چونکہ مطلق پیمانے کا صفر یعنی $0°K$ عام سنٹی گریڈ پیمانے کے

صفر یعنی $0°C$ سے 273 درجے نیچے ہوتا ہے ، اس لیے

$$0°C = 273°K$$

اس سے ظاہر ہے کہ اگر کسی جسم کا ٹمپریچر سنٹی گریڈ پیمانے پر t اور مطلق پیمانے پر T ہو تو

$$T = 273 + t$$

نوٹ - اوپر کی تفصیل میں مطلق صفر کی قیمت کو $-273°C$ لیا گیا ہے جو عام عملی پیمائشوں میں درست سمجھی جاتی ہے ، لیکن جب زیادہ صحیح پیمائشیں لی جائیں تو مطلق صفر کی قیمت $-273°C$ سے ذرا نیچے نکلتی ہے جیسے $-273{\cdot}2°C$ یا $-273{\cdot}18°C$ تسلیم کیا جاتا ہے - اس لیے جب پیمائشوں میں بہت زیادہ صحت مطلوب ہو تو

$$T = 273{\cdot}2 + t$$

یا

$$T = 273{\cdot}18 + t$$

لیا جا سکتا ہے -

گیس کے حجم اور مطلق ٹمپریچر کا تعلق - فرض کرو کہ کسی گیس کی ایک خاص مقدار کا حجم ، ٹمپریچر $t_1°C$ ، $t_2°C$ اور $0°C$ پر بالترتیب V_1 ، V_2 اور V_0 ہے اور $t_1°C$ اور $t_2°C$ کے مقابل کے مطلق پیمانے کے درجے T_1 اور T_2 ہیں - تب چونکہ گیس کا حجم کا معیار $\frac{1}{273}$ ہے اس لیے

$$V_1 = V_0\left(1 + \frac{1}{273}t_1\right) = V_0\left(\frac{273 + t_1}{273}\right)$$

$$V_2 = V_0\left(1 + \frac{1}{273}t_2\right) = V_0\left(\frac{273 + t_2}{273}\right)$$

$$\therefore \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{273 + t_2}{273 + t_1}$$

$$\because \quad 273 + t_1 = T_1$$

$$273 + t_2 = T_2$$

$$\therefore \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

اس سے ظاہر ہے کہ مستقل دباؤ پر کسی گیس کا حجم اس کے مطلق ٹمپریچر (Absolute temperature) کے براہ راست متناسب ہوتا ہے۔

کسی گیس کے دباؤ اور مطلق ٹمپریچر میں تعلق۔ فرض کرو کہ کسی گیس کی ایک خاص مقدار کا دباؤ ، ٹمپریچر t_1°C ، t_2°C اور 0°C پر بالترتیب P_1 ، P_2 اور P_0 ہے اور t_1 اور t_2 کے مقابل کے مطلق ٹمپریچر T_1 اور T_2 ہیں۔ تب چونکہ گیس کے دباؤ کا معیار $\frac{1}{273}$ ہے ، اس لیے

$$P_1 = P_0\left(1 + \frac{1}{273}t_1\right) = P_0\left(\frac{273 + t_1}{273}\right)$$

$$P_2 = P_0\left(1 + \frac{1}{273}t_2\right) = P_1\left(\frac{273 + t_2}{273}\right)$$

$$\therefore \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{273 + t_2}{273 + t_1}$$

$$\because \quad 273 + t_1 = T_1$$
$$273 + t_2 = T_2$$

$$\therefore \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

اس سے ظاہر ہے کہ مستقل حجم پر کسی گیس کا دباؤ اس کے مطلق ٹمپریچر کے متناسب ہوتا ہے۔

کسی گیس کے حجم ، دباؤ اور مطلق ٹمپریچر میں تعلق۔ اب ہم اس صورت پر غور کرتے ہیں جس میں ٹمپریچر کے ساتھ گیس کے حجم اور دباؤ دونوں کو تبدیل ہونے دیا جاتا ہے۔

فرض کرو کہ کسی گیس کی ایک خاص مقدار کا حجم اور دباؤ ، مطلق ٹمپریچر T_1 پر V_1 اور P_1 اور مطلق ٹمپریچر T_2 پر V_2 اور P_2 ہے۔

اگر پہلی صورت میں ٹمپریچر T_1 کو برقرار رکھ کر گیس کے دباؤ P_1 کو P_2 میں تبدیل کر دیا جائے اور ایسا کرنے سے اس کا حجم

v ہو جائے تو بوائل کے قانون کے مطابق

$$P_1V_1 = P_2v \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اب اگر اس حالت میں P_2 کو برقرار رکھا جائے مگر T_1 کو T_2 میں تبدیل کر دیا جائے تو حجم v نئے ٹمپریچر T_2 پر V_2 بن جائے گا جو اس ٹمپریچر اور اس دباؤ پر گیس کا حجم ہے ۔ مگر چونکہ کسی گیس کا حجم اس کے مطلق ٹمپریچر کے متناسب ہوتا ہے ۔ اس لیے

$$\frac{v}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

یا

$$\frac{v}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

مساوات (i) اور (ii) کو ضرب دینے کے بعد

$$P_1V_1 \times \frac{v}{T_1} = P_2 v \times \frac{V_2}{T_2}$$

$$\therefore \quad \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ کسی گیس میں $\frac{PV}{T}$ ایک مستقل ہوتا ہے ۔ فرض کرو کہ یہ مستقل K ہے ۔ تب

$$\frac{PV}{T} = K$$

$$\therefore \quad PV = KT$$

اس کو **گیس کی مساوات** (Gas equation) کہتے ہیں ۔ اس مساوات میں مستقل K کے بارے میں جو **گیس کا مستقل** (Gas constant) کہلاتا ہے ۔ مزید تفصیل حسب ذیل ہے ۔

گیس کا مستقل ۔ گیس کے اس مستقل K کی قیمت ایک خاص گیس کی ایک خاص مقدار کے لیے ایک ہوتی ہے مگر اس گیس کی ایک اور مقدار کے لیے اور ہو جاتی ہے ۔

مثلاً آکسیجن کی مقدار اگر ایک گرام ہو تو اس گیس کے مستقل کی قیمت 2.60×10^6 ہوتی ہے لیکن اگر آکسیجن کی مقدار 2 گرام ہو تو یہ قیمت بھی اس سے دگنی یعنی 5.20×10^6 ہو جاتی ہے

علاوہ ازیں دو مختلف گیسیں خواہ ایک ہی مقدار کی لی جائیں، اُن کے لیے گیس کے مستقل کی قیمت اُن کی نوعیت کے لحاظ سے مختلف ہو جاتی ہے، مثلاً آکسیجن کی ایک گرام مقدار کے لیے گیس کے مستقل K کی قیمت (جیسا کہ پہلے بیان ہو چکا ہے) 2.60×10^6 ہے لیکن ہائیڈروجن کی ایک گرام مقدار کے لئے اسی مستقل K کی قیمت 4.13×10^7 ہوتی ہے۔

ایک گرام کے لیے گیس کا مستقل۔ جب کسی گیس کی مقدار ایک گرام لی جائے تو اس کے لیے گیس کے مستقل K کی ایک خاص قیمت ہو جاتی ہے جو اس گیس کے لیے نہیں بدلتی۔ اس قیمت کو بالعموم حرف r سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اس وجہ سے گیس کی مساوات ایک گرام مقدار کے لیے

$$PV = rT$$

بن جاتی ہے۔

اس سے پہلے ہم لکھ چکے ہیں کہ ایک گرام آکسیجن کے لیے گیس کے مستقل یعنی r کی قیمت 2.60×10^6 (ارگ فی گرام فی ڈگری) اور ایک گرام ہائیڈروجن کے لیے r کی قیمت 4.13×10^7 (ارگ فی گرام فی ڈگری) ہوتی ہے، اب ہم بیان کرتے ہیں کہ r کی یہ قیمتیں کس طرح حاصل ہوتی ہیں۔

آکسیجن کے لیے r کی قیمت معلوم کرنے کی خاطر ایک آکسیجن کو زیر غور لاؤ جس کا دباؤ نارمل اور جس کا ٹمپریچر 0^0C ہو۔ پھر اس پر مساوات

$$PV = rT$$

کا اطلاق کرو۔

چونکہ نارمل دباؤ 76 سم پارے کے کالم (h) کے برابر ہوتا ہے جب کہ یہ کالم سمندر کی سطح پر عرض بلد °45 درجے پر واقع ہو جہاں کشش زمین کے اسراع g کی قیمت 980·6 سنٹی میٹر فی سیکنڈ فی سیکنڈ ہوتی ہے اور چونکہ پارے کی کثافت (ρ) 13·6 گرام فی مکعب سنٹی میٹر ہوتی ہے ، اس لیے نارمل دباؤ P کی قیمت ڈائن فی مربع سنٹی میٹر میں نکالنے پر

$$P = hg\rho = 76 \times 13{\cdot}6 \times 980{\cdot}6$$

جہاں تک اس گیس کے ٹمپریچر 0°C کا تعلق اسے جب مطلق ٹمپریچر میں تبدیل کیا جاتا ہے تو اس کی قیمت 273·2°K ہوتی ہے اس لیے

$$T = 273{\cdot}2^\circ$$

علاوہ ازیں یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ نارمل دباؤ پر ایک گرام آکسیجن کا حجم 699·9 مکعب سنٹی میٹر ہوتا ہے ، اس لیے

$$V = 699{\cdot}9 \text{ c.c.}$$

P ، V اور T کی ان قیمتوں کو مساوات

$$PV = rT$$

میں درج کرنے سے

$$76 \times 13{\cdot}6 \times 980{\cdot}6 \times 699{\cdot}9 = r \times 273{\cdot}2$$

$$\therefore \quad r = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 980{\cdot}6 \times 699{\cdot}9}{273{\cdot}2}$$

$$= 2{\cdot}60 \times 10^6$$ (ارگ فی گرام فی درجہ)

ہائیڈروجن کے لیے r کی قیمت معلوم کرنے کے لیے ایک گرام ہائیڈروجن کو زیر غور لاؤ جس کا دباؤ نارمل اور جس کا ٹمپریچر 0°C یا 273·2°A ہو - پھر اس پر

$$PV = rT$$

کا اطلاق کرو -

چونکہ نارمل دباؤ اور $0°C$ پر ایک گرام ہائیڈروجن کا حجم 11130 مکعب سنٹی میٹر ہوتا ہے اس وجہ سے ہائیڈروجن کے لیے V کی قیمت 11130 مکعب سنٹی میٹر ہے ، P اور T کی قیمتیں وہی ہیں جو آکسیجن کے لیے اوپر درج کی جا چکی ہیں ۔ انہیں مساوات

$$PV = rT$$

میں شامل کرنے سے

$$76 \times 13{\cdot}6 \times 980{\cdot}6 \times 11130 = r \times 273{\cdot}2$$

$$\therefore \quad r = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 980{\cdot}6 \times 11130}{273{\cdot}2}$$

$$= 41{\cdot}3 \times 10^6$$ (ارگ فی گرام فی درجہ)

گراموں میں کسی گیس کی ایک خاص مقدار کے لیے گیس کی مساوات ۔ اوپر بیان کیا جا چکا ہے کہ اگر گیس کی مقدار 1 گرام ہو تو اس پر گیس کی مساوات

$$PV = rT$$

صادق آتی ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ اگر کسی گیس کی مقدار ایک گرام کی بجائے n گرام ہو تو اس صورت میں مذکورہ بالا مساوات ذیل کی صورت اختیار کرے گی

$$PV = nrT$$

یہ n گراموں کے لیے گیس کی مساوات ہے ۔

گیس کا کائناتی مستقل ۔ یہ وہ مستقل ہے جس کی قیمت گیس کی مساوات میں ہر گیس کے لیے ایک ہی ہوتی ہے ، اس لیے اس کو **کائناتی مستقل** (Universal Constant) کا نام دیا گیا ہے ۔ گیس کی مساوات میں یہ مستقل اس وقت آتا ہے جب گیس کی مقدار 1 گرام مالیکیول (Gram molecule) لی جائے ۔ اس وجہ سے پہلے **گرام مالیکیول** کی تشریح ضروری ہے ۔

کسی گیس، کے ایک گرام مالیکیول سے اس گیس کے اتنے گرام مراد ہوتے ہیں جتنا اس کا مالیکیولی وزن ہوتا ہے۔ مثلاً آکسیجن کا مالیکول وزن 16 ہے اس لیے ایک گرام مالیکیول آکسیجن سے 16 گرام آکسیجن مراد ہوتی ہے۔ ہائیڈروجن کا مالیکیولی وزن 2.01 ہے اس لیے ایک گرام مالیکیول ہائیڈروجن سے 2.01 گرام ہائیڈروجن مراد ہوتی ہے۔ یہی حال دیگر گیسوں کا ہے۔ اے وو گادرو کے مفروضے (Avogadro's hypothesis) سے یہ بات ثابت ہے کہ تمام گیسوں کے ایک ایک گرام مالیکیول مقداروں کا حجم برابر ہوتا ہے۔ تجربے سے نارمل دباؤ اور ٹمپریچر پر اس حجم کی قیمت 22410 مکب سنٹی میٹر نکلتی ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ جہاں نارمل دباؤاور ٹمپریچر پر 1 گرام مالیکیول آکسیجن یعنی 16 گرام آکسیجن کا حجم 22410 مکعب سنٹی میٹر ہوتا ہے۔ وہاں ایک گرام مالیکیول ہائیڈروجن (یعنی 2.01 گرام ہائیڈروجن) کا حجم بھی اتنا ہی ہوتا ہے۔ یہی بات دیگر گیسوں کے لیے بھی صادق آتی ہے دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ گیس خواہ کوئی بھی ہو، جب بھی اس کا ایک گرام مالیکیول لیا جائے گا اس کا حجم (نارمل دباؤ اور ٹمپریچر پر) 22410 مکعب سنٹی میٹر ہی ہوگا۔

گرام مالیکیول کی اس تشریح کے بعد ہم دوبارہ کائناتی مستقل کی طرف لوٹتے ہیں۔ اس مستقل کو R سے تعبیر کیا جاتا ہے۔ چونکہ گیس کی عمومی مساوات میں

$$PV=KT$$

جب کسی گیس کی مقدار ایک گرام مالیکیول لی جائے تو مستقل K کائناتی مستقل R بن جاتا ہے اس لیے ایک گرام مالیکیول گیس کے لیے یہ مساوات

$$PV=RT$$

کی صورت اختیار کر لیتی ہے

کائناتی مستقل R کی قیمت معلوم کرنے کے لیے اب کسی گیس کے

ایک گرام مالیکیول کو زیر غور لاؤ اس کا حجم V نارمل دباؤ اور ٹمپریچر پر 22410 مکعب سنٹی میٹر ہے - P کی قیمت وہی ہے جو نارمل دباؤ کے لیے پہلے درج کی جاچکی ہے اور جو $76 \times 13{\cdot}6 \times 980{\cdot}6$ ڈائن فی مکعب سنٹی میٹر ہے - T کی قیمت 273·2 درجے ہے - اس لیے ان قیمتوں کو مساوات

$$PV = RT$$

میں شامل کرنے سے

$$76 \times 13{\cdot}6 \times 980{\cdot}6 \times 22410 = R \times 273{\cdot}2$$

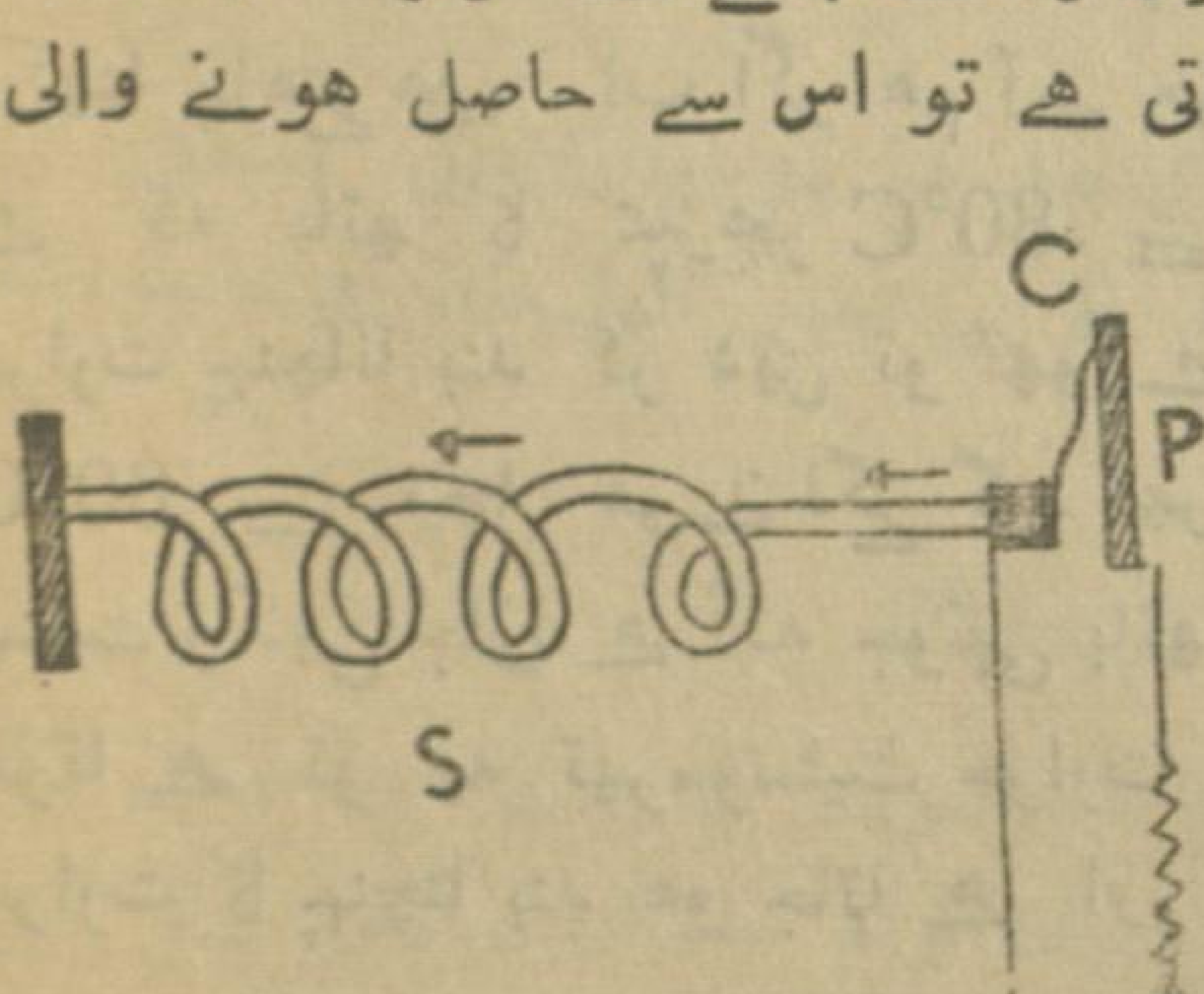
$$\therefore \quad R = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 980{\cdot}6 \times 22410}{273{\cdot}2}$$

$= 8{\cdot}31 \times 10^7$ (ارگ فی گرام مالیکیول فی ڈگری)

تھرمو سٹیٹ (Thermostat) - یہ وہ آلہ ہے جس کے ذریعے ایک محصور جگہ کے اندر ٹمپریچر کو ایک خاص درجے پر (1°C کی حد تک) مستقل رکھا جاتا ہے - مثال کے طور پر فرض کیجیے کہ ایک خاص باتھ (Bath) کو حرارت پہنچانے کے بعد ہم 80°C پر برقرار رکھنا چاہتے ہیں - اب اگر ہم اسے حرارت پہنچانا جاری رکھیں تو ظاہر ہے کہ باتھ کا ٹمپریچر 80°C سے اونچا ہوتا جائے گا لیکن اگر ہم حرارت پہنچانا بند کر دیں تو تھوڑے عرصے کے بعد باتھ کا ٹمپریچر 80°C سے نیچا ہونے لگے گا - تھرموسٹیٹ (Thermostat) میں یہ صنعت رکھی جاتی ہے کہ جونہی باتھ کا ٹمپریچر مقررہ قیمت سے اونچا ہوتا ہے تو یہ تھرموسٹیٹ حرارت کے ماخذ کو کاٹ دیتا ہے جس سے حرارت کا پہنچنا بند ہو جاتا ہے اور ٹمپریچر نیچے آ جاتا ہے - پھر جب ٹمپریچر مقررہ درجے یعنی 80 درجے سے نیچے ہوتا ہے تو تھرموسٹیٹ فوراً حرارت کے ماخذ کا سلسلہ باتھ سے جوڑ دیتا ہے جس سے اس کو حرارت ملنی شروع ہو جاتی ہے - یہ سلسلہ متواتر جاری رہتا ہے جس کے باعث باتھ کا ٹمپریچر 80°C کے گرد 1°C کی حد کے اندر برقرار رہتا ہے -

تھرموسٹیٹ کا اصل کام یہی ھے کہ جب ٹمپریچر بڑھنے لگے تو وہ حرارت کے ماخذ کا سلسلہ باتھ وغیرہ سے کاٹ دے اور جب ٹمپریچر گرنے لگے تو حرارت کے ماخذ کا سلسلہ باتھ کے ساتھ جوڑ دے اور یہ سارا کام خود کار طریقے سے یعنی آپ سے آپ بغیر کسی انسانی مدد کے سر انجام پائے ۔ اس مقصد کے لیے مختلف قسم کے تھرموسٹیٹ استعمال کیے جاتے ھیں جو اپنی ساخت اور اصول میں مختلف ھوتے ھیں مگر مقصد وہ ایک ھی پورا کرتے ھیں ۔ ان میں سے دو قسم کے تھرموسٹیٹوں (Thermostats) کا مختصر تذکرہ ذیل میں کیا جاتا ھے ۔

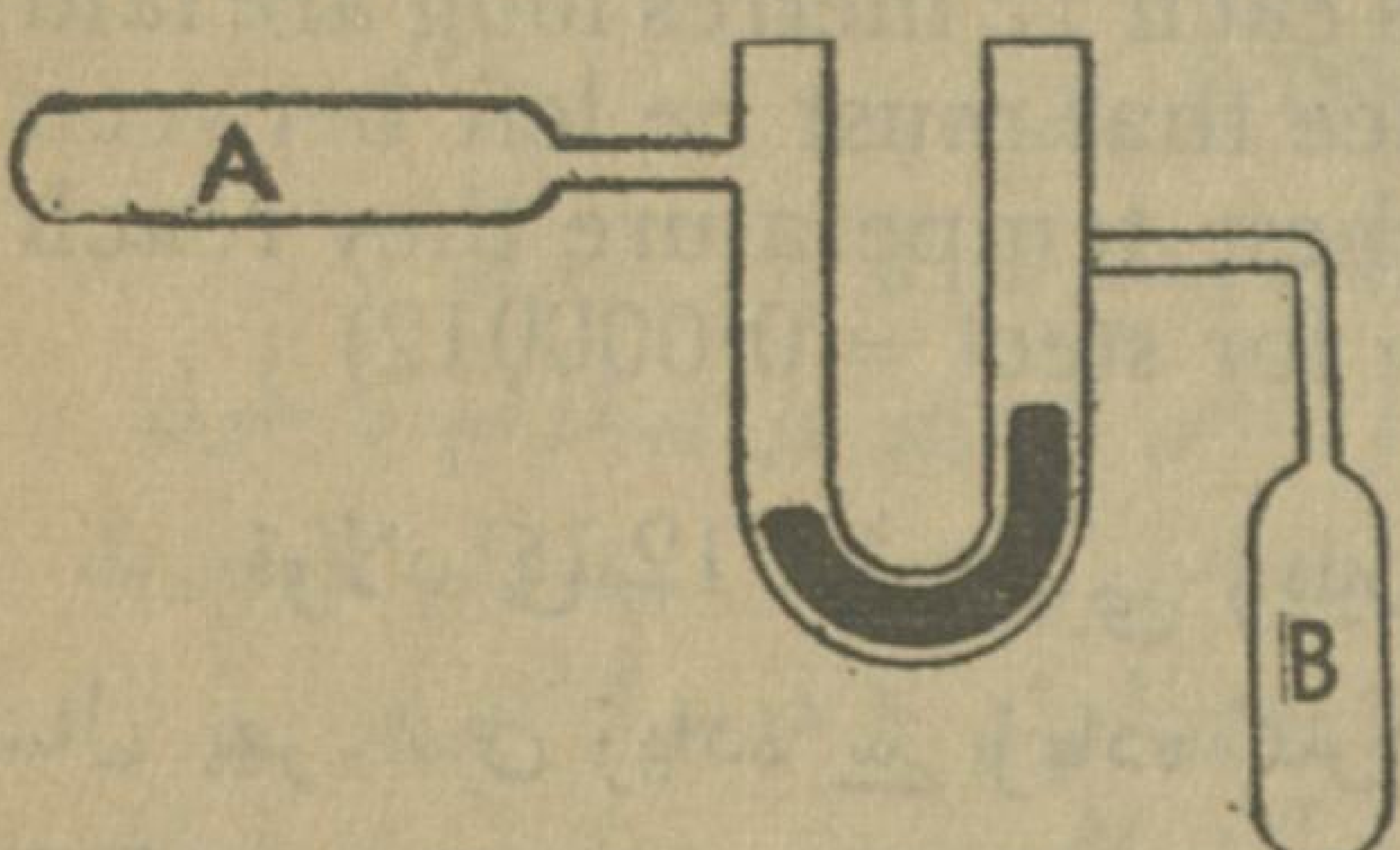
دو دھاتی تھرموسٹیٹ (Bi-metallic thermostat) ۔ اس تھرموسٹیٹ میں دو دھاتوں کے ایک سپرنگ سے کام لیا جاتا ھے جن میں سے ایک دھات حرارت سے نسبتاً زیادہ پھیلنے والی اور دوسری دھات نسبتاً کم پھیلنے والی منتخب کی جاتی ھے جیسے پیتل اور لوھا ھیں جس میں پیتل کے پھیلاؤ کا معیار لوھے کے پھیلاؤ کے معیار سے زیادہ ھوتا ھے ۔ سپرنگ بناتے وقت زیادہ پھیلنے والی دھات باھر کی طرف اور کم پھیلنے والی دھات اندر کی طرف کو رکھی جاتی ھے ۔ حرارت کا ماخذ جو اس تھرموسٹیٹ کے ساتھ استعمال کیا جاتا ھے ، برق ھوتا ھے جیسے برق بھٹی یا برق چولھا جو برق رو کے چلنے سے حرارت دیتا ھے ۔ مگر جب یہ برق رو بند ھو جاتی ھے تو اس سے حاصل ھونے والی



حرارت کی سپلائی بھی رک جاتی ھے ۔ سپرنگ کے ساتھ دھات کا ایک پترہ C لگا ھوتا ھے اور یہ پترہ ایک پلیٹ P کے ساتھ مس کیے ھوئے ھوتا ھے ۔ برق چولھے کے سرکٹ کے لیے پترہ C اور پلیٹ P ایک خود کار سوئچ (Switch) کا کام دیتا ھے اور حسب موقع برق چولھے کی برق رو چلا دیتا ھے یا بند کر دیتا ھے ۔ یہ تھرموسٹیٹ باتھ کے اندر موجود ھوتا ھے اور اسے مقررہ ٹمپریچر پر سیٹ (Set) کر دیا جاتا ھے ۔ چنانچہ جب ٹمپریچر اس مقررہ درجے سے

بڑھتا ہے تو سپرنگ میں پھیلاؤ پیدا ہونے سے اس کی بیرونی دھات زیادہ اور اندرونی دھات کم پھیلتی ہے جس سے اس کے ہر حلقے میں اندر کی طرف مروڑ پیدا ہوتا ہے ۔ اس کے نتیجے میں سپرنگ لمبائی میں سکڑتی ہے اور پترہ C پلیٹ P سے تھوڑا سا پیچھے ہٹ کر سرکٹ کو توڑ دیتا ہے جس سے برقی چولھے میں سے حرارت آنی بند ہو جاتی ہے اور باتھ کا ٹمپریچر بڑھنا نہ صرف رک جاتا ہے بلکہ وہ نیچے گرنے لگتا ہے ۔ جب وہ اپنے مقررہ درجے تک دوبارہ پہنچ جاتا ہے تو سپرنگ پہلے کی طرح اپنی اصلی لمبائی تک آ جاتی ہے ۔ اس پر پترہ C پھر پلیٹ P کے ساتھ مل جاتا ہے اور چولھے میں برقی رو کا بہاؤ جاری ہو جانے سے وہ باتھ کو حرارت دینے لگتا ہے ۔ اس طرح تھرموسٹیٹ کے خود کار عمل سے باتھ کا ٹمپریچر ایک مقررہ درجے پر قائم رہتا ہے ۔

ہوائی تھرموسٹیٹ (Air thermostat) ۔ یہ آلہ سلیکا (Silica) کے ایک بلب A اور شیشے کے ایک بلب B پر مشتمل ہوتا ہے جو درمیان میں ایک U نلی کے ذریعے ملے ہوئے ہوتے ہیں ۔ U نلی کے نیچے کے حصے میں پارہ بھرا ہوتا ہے اور اوپر سے یہ نلی بند رہتی ہے ۔ اس نلی کے دونوں بازوؤں میں دو چھوٹی



سلاخیں اندر گزار کر سیل (Seal) کی ہوئی ہوتی ہیں اور ان کا سلسلہ برقی سرکٹ کے ساتھ ملا ہوتا ہے ۔ عام حالات میں یہ سلاخیں پارے کے اندر ڈوبی رہتی ہیں ، ایک دائیں طرف اور دوسری بائیں طرف ۔ اس وجہ سے برقی رو پارے میں سے ہو کر سرکٹ میں چلتی رہتی ہے ۔ تھرموسٹیٹ کا بلب B تو ایک مستقل ٹمپریچر پر برقرار رکھا جاتا ہے اور بلب A کو باتھ میں داخل کرکے باتھ کے مطلوبہ ٹمپریچر پر اس طور سے سیٹ (Set) کر دیا جاتا ہے کہ اس ٹمپریچر پر دونوں سلاخیں پارے میں ڈوبی رہتی ہیں اور برقی رو حرارت کے برقی ماخذ (یعنی برقی چولھے یا برقی بھٹی) میں چلتی رہتی ہے ۔ جب باتھ کا ٹمپریچر اس مقررہ درجے سے

بڑھ جاتا ہے تو بلب A کے اندر کی ہوا پھیلتی ہے اور وہ پارے کو دھکیل کر اُسے دائیں بازو میں اونچا اور بائیں بازو میں نیچا کر دیتی ہے۔ بائیں بازو میں پارے کی سطح کے نیچا ہونے سے اس طرف کی سلاخ پارے سے باہر ہو جاتی ہے اور برقی سرکٹ یہاں سے کٹ جاتا ہے جس سے برقی چولھے وغیرہ میں برقی رو کا بہاؤ رک جاتا ہے اور باتھ کو حرارت کی سپلائی بند ہو جاتی ہے۔ اس سے باتھ کا ٹمپریچر گر کر مقررہ درجے پر آ جاتا ہے جس پر بلب A کی گیس سکڑتی ہے اور پارہ بائیں بازو میں اونچا ہو کر ادھر کی سلاخ کو اپنے اندر ڈوبا لیتا ہے۔ اس کے بعد پھر پہلے کی طرح برقی سرکٹ قائم ہو جاتا ہے اور باتھ کو حرارت مہیا ہونے لگ جاتی ہے۔

حسابی مثالیں

Example 1. Steel rails each 12 metres long are laid at 25°C. Calculate the space that must be left between consecutive rails, if the highest temperature they reach during the year is 45°C. (α for steel $= 0{\cdot}000012$)

فولاد کی 12 میٹر لمبی ریلیں 25°C پر بچھائی گئی ہیں۔ اگر سال بھر میں زیادہ سے زیادہ ٹمپریچر جو وہ اختیار کر سکتی ہیں 45°C ہو تو معلوم کرو کہ دو ساتھ لگتی ریلوں کے درمیان کتنا فاصلہ چھوڑنا ضروری ہے۔ فولاد کے لیے طولی پھیلاؤ کے معیار α کی قیمت 0.000012 ہے۔

ریل کا پہلا ٹمپریچر $= t_1 = 25°C$

اس ٹمپریچر پر ایک ریل کی لمبائی $= l_1 = 12$ metres $= 1200$ cms.

ریل کا دوسرا ٹمپریچر $= t_2 = 45°C$

اس ٹمپریچر پر ایک ریل کی لمبائی $= = l_2$

ریل کے پھیلاؤ کا معیار $= \alpha = 0{\cdot}000012$

$\because \quad l_2 = \quad l_1 [\ 1 + (t_2 - t_1)\alpha]$

$\therefore \quad l_2 = 1200\ [\ 1 + (45 - 25) \times \cdot 000012]$

$= 1200 \quad + 1200 \times 20 \times \cdot 000012$

$= 1200 \quad + 0{\cdot}288 = 1200{\cdot}288$ cms.

دو ریلوں کے درمیان خالی جگہ $= l_2 - l_1 = 1200.288 - 1200$

$= 0{\cdot}288$ cm.

Example 2. A certain clock with an Iron pendulum is made to keep correct time at 0°C. Find how many seconds it will gain or lose in 24 hours at a temperature of 20°C. Coefficient of expansion of iron = 0·000012.

ایک خاص کلاک جس کا پنڈولم لوھے کا ھے ، 0°C پر صحیح وقت دیتا ھے۔ معلوم کرو کہ 20°C پر 24 گھنٹوں میں وہ کتنے سیکنڈوں کی کمی یا زیادتی ظاھر کرے گا۔ لوھے کے طولی پھیلاؤ کا معیار 0·000012 ھے۔

پینڈولم کا پہلا ٹمپریچر $= 0°C$

اس ٹمپریچر پر پینڈولم کا طول $= l_1$

اس ٹمپریچر پر پینڈولم کا پیریڈ $= t_1$

پینڈولم کا دوسرا ٹمپریچر $= 20°C$

اس ٹمپریچر پر پینڈولم کا طول $= l_2$

اس ٹمپریچر پر پینڈولم کا پیریڈ $= t_2$

لوھے کے طولی پھیلاؤ کا معیار $= \alpha = 0{\cdot}000012$

$\because \quad l_2 = l_1\ [1 + (t_2 - t_1)\alpha]$

$= l_1\ [1 + (20 - 0) \times \cdot 000012)$

$= l_1\ [1 + \cdot 00024] = 1{\cdot}00024\ l_1$

$\because \quad t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}$

$t_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}$

$$\therefore \quad \frac{t_2}{t_1}=\sqrt{\frac{l_2}{l_1}}=\sqrt{\frac{1.00024 l_1}{l_1}}=\sqrt{1.00024}$$

اگر پہلی صورت میں پینڈولم 24 گھنٹوں یعنی $24\times60\times60$ سیکنڈوں میں n_1 جھولاؤ پورے کرتا ہو تو چونکہ ایک جھولاؤ کا پیریڈ 2 سیکنڈ ہے اس لیے

$$n_1 = \frac{24\times60\times60}{2}=43200$$

اگر دوسری صورت میں پینڈولم 24 گھنٹوں یعنی $42\times60\times60$ سیکنڈوں میں n_2 جھولاؤ پورے کرتا ہو تو

$$\because \quad n_1 = \frac{1}{t_1}$$

$$n_2 = \frac{1}{t_2}$$

$$\therefore \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{t_2}{t_1}=\sqrt{1\cdot00024}$$

یا $$\frac{43200}{n_2}=\sqrt{1\cdot00024}$$

یا $$n_2 = \frac{43200}{\sqrt{1\cdot00024}}=43194\cdot8$$

دوسری صورت میں جھولاؤ کی کمی $=n_1-n_2$

$$=43200-43193\cdot8=5\cdot2$$

ایک جھولاؤ $=$ 2 secs.

سیکنڈوں کی کمی $=5\cdot2\times2=10\cdot4$ secs.

پس اگر 0°C پر کلاک ٹھیک وقت دیتا ہو تو 20°C پر وہ چوبیس گھنٹوں میں 10·4 سیکنڈوں کی کمی ظاہر کرے گا۔

Example 3. A mercury barometer has a brass scale which is correct at 0°C. The barometer reads 74.9 cms. at 20°C. Calculate the correct barometer height. Given α for brass = 0·000018 and γ for mercury = 0·00018.

پارے کے بیرومیٹر پر پیتل کا پیمانہ لگا ہے جو $0°C$ پر صحیح ہے $20°C$ پر اس پیمانے میں دباؤ کی پیمائش 74·93 سنٹی میٹر مشاہدہ کی گئی تو دباؤ کی اصلی پیمائش معلوم کرو۔ پیتل کے طولی پھیلاؤ کا معیار 0·000018 اور پارے کے حجمی پھیلاؤ کا معیار 0·00081 ہے۔

پیتل کا پیمانہ $0°C$ پر درست ہے۔ $20°C$ پر وہ خود قدرے پھیل جاتا ہے اس لیے $20°C$ پر اس پر سے پارے کے کالم کی جو ظاہری پیمائش نظر آتی ہے وہ حقیقی پیمائش سے خفیف سی مختلف ہوتی ہے۔ اگر یہ ظاہری پیمائش $t°C$ پر h_1 ہو اور $t°C$ پر اصلی پیمائش h_t ہو، نیز پیتل کے طولی پھیلاؤ کا معیار α ہو تو

$$h_t = h_1 (1+\alpha t)$$

فرض کرو کہ $0°C$ پر پارے کے کالم کی بلندی کی پیمائش h_0 ہے۔ اس ٹمپریچر پر h_0 اگر ظاہری پیمائش ہوگی تو اصلی پیمائش بھی وہی ہوگی کیونکہ پیتل کا پیمانہ $0°C$ پر صحیح ہے۔ اب اگر $0°C$ پر پارے کی کثافت ρ_0 ہو اور $t°C$ پر ρ_t ہو تو

$$\text{صحیح دباؤ} = h_0 \rho_0 \, g = h_t \rho_t \, g$$

$$\frac{\rho_0}{\rho_t} = 1 + \gamma \, t$$

$$\because \quad \rho_t = \frac{\rho_0}{1+\gamma \, t} = \rho_0 (1+\gamma t)^{-1}$$

$$= \rho_0 (1 - \gamma \, t)$$

$$\therefore \quad \text{صحیح دباؤ} = h_t \, \rho_t \, g$$

$$= h_1 (1+\alpha \, t) \times \rho_0 (1-\gamma \, t) \, g$$

$$= h_1 \, \rho_0 \, g \, (1+\alpha \, t)(1-\gamma \, t)$$

$$= h_1 \, \rho_0 \, g \, (1+\gamma \, t - \alpha \, t - \gamma \, \alpha \, t^2)$$

چونکہ $\gamma\alpha$ دو نہایت قلیل مقداروں کا حاصل ضرب ہے اس لیے $\gamma\alpha t^2$ کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔

$$\text{صحیح دباؤ} = h_1 \rho_0 g\,(1-\gamma\, t+\alpha\, t)$$
$$= h_1 \rho_0 g\,[1-(\gamma-\alpha)\, t]$$

$$\text{صحیح بلندی} = \frac{\text{صحیح دباؤ}}{\rho_0 g}$$
$$= \frac{h_1\, \rho_0\, g\,[1-(\gamma-\alpha)\, t]}{\rho_0\, g}$$
$$= h_1\,[1-(\gamma-\alpha)\, t]$$
$$= 74{\cdot}93\,[1-({\cdot}00018-{\cdot}000018)\times 20]$$
$$= 74{\cdot}68 \text{ cms.}$$

Example 4. If the coefficient of cubical expansion of glass and mercury are 0·000025 and 0·00018 respectivly, what fraction of the whole volume of a glass vessel should be filled with mercury, so that the volume of the empty space of the vessel should remain constant at all temperature.

اگر شیشے اور پارے کے حجمی پھیلاؤ کے معیار بالترتیب 0·000025 اور 0·00018 ہوں تو شیشے کے ایک برتن کے حجم کا کتنا حصہ پارے سے بھرا جائے کہ برتن کے خالی حصے کا حجم ہر ٹمپریچر پر یکساں رہے۔

فرض کرو کہ شیشے کے برتن کا پورا حجم V ہے اور اس کے اندر جو پارہ بھرا ہے، اس کا حجم v ہے، تب خالی حصے کا حجم $V-v$ ہوگا جسے ہر ٹمپریچر پر مستقل رکھنا مطلوب ہے۔ اگر شیشے کو (پارے سمیت) t°C تک گرم کیا جائے تو :

$$\text{شیشے کے برتن کا حجم} = V\,(1+ 0{\cdot}000025\times t)$$
$$= V + 0{\cdot}000025\, V\, t$$
$$\text{پارے کا حجم} = v\,(1+0{\cdot}00018\times t)$$
$$= v + {\cdot}00018\, vt$$
$$\text{دونوں کا فرق} = V + {\cdot}000025\, vt - v + {\cdot}00018\, vt$$

مگر فرق مستقل ہے اور $V-v$ کے برابر ہے

$$\therefore \quad V + 0{\cdot}000025\, Vt - v - 0{\cdot}00018\, vt = V - v$$

یا $\quad 0{\cdot}000025\, Vt = 0{\cdot}00018\, vt$

یا $\quad 0{\cdot}000025\, V = 0{\cdot}00018\, v$

یا $\quad \dfrac{v}{V} = \dfrac{{\cdot}000025}{{\cdot}00018} = {\cdot}139$

$\quad = \dfrac{1}{7}$ (قریباً)

پس اگر شیشے کے ایک برتن کا قریباً $\frac{1}{7}$ حصہ پارے سے بھرا ہو تو اس کے خالی حصے کا حجم ہر ٹمپریچر پر مستقل رہے گا۔

Example 5. A weight thermometer weighs 8.50 gm, when empty and 28.5 gm when filled with a liquid at 20°C. It is placed in a vessel of boiling water when some liquid flows out. It now weighs 27.717 gm. Find the coefficient of real expansion of the liquid, if the coefficient of linear expansion of meterial of the thermometer is 0·000008.

ایک ویٹ تھرمامیٹر خالی کا وزن 8·50 گرام ہے اور جب اس میں 20°C پر ایک مائع بھر دیا جاتا ہے تو اس کا وزن 28·50 گرام ہو جاتا ہے۔ اس کو اُبلتے ہوئے پانی میں رکھا جاتا ہے جس پر کچھ مائع اس میں سے نکل جاتا ہے۔ اب اس کا وزن 27·717 گرام رہ گیا ہے۔ مائع کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار معلوم کرو جب کہ تھرمامیٹر کے مادے کے طولی پھیلاؤ کا معیار 0·000008 ہو۔

ویٹ تھرمامیٹر خالی کا وزن $= 8{\cdot}50$ gms.

20°C پر تھرمامیٹر + مائع کا وزن $= 28{\cdot}50$ gms.

20°C پر مائع کا وزن $= 28{\cdot}50 - 8{\cdot}50$

$= 20{\cdot}0$ gms.

100°C پر تھرمامیٹر + مائع کا وزن $= 27{\cdot}717$ gms.

100°C پر مائع کا وزن $= M = 27{\cdot}717 - 8{\cdot}50$

$= 19{\cdot}217$ gms.

باهر بهنےوالے مائع کا وزن $= m = 20{\cdot}0 - 19{\cdot}217$

$= 0{\cdot}783$ gm

ٹمپریچر کا فرق $= t = 100 - 20 = 80°C$

مائع کے ظاهری پهیلاؤ کا معیار $= \gamma_a = ?$

$$\because \quad \gamma_a = \frac{m}{M\,t} \quad \therefore \; \gamma_a = \frac{0{\cdot}783}{19{\cdot}217 \times 80}$$

$= 0{\cdot}000509$

تهرمامیٹر کے طولی پهیلاؤ کا معیار $= 0{\cdot}000008$

تهرمامیٹر کے حجمی پهیلاؤ کا معیار $= \gamma_g = 3 \times 0{\cdot}000008$

$= 0{\cdot}000024$

مائع کے حقیقی پهیلاؤ کا معیار $= \gamma_a + \gamma_g$

$= 0{\cdot}000509 + 0{\cdot}000024$

$= 0{\cdot}000533$

Example 6. In an experiment by Dulong and Petit's method the heights of mercury columns were 50 cms. and 50·91 cms., their temperature being 0°C and 100°C respectively. Calculate the coefficient of real expansion of mercury.

دولاں اور پیتی کے طریقے پر کیے هوئے ایک تجربے میں پارے کے کالم کی بلندی ایک بازو میں 50 سنٹی میٹر اور دوسرے بازو مین 50·91 سنٹی‌میٹر تهی جب که ان کا ٹمپریچر بالترتیب 0°C اور 100°C تها - پارے کے حقیقی پهیلاؤ کا معیار معلوم کرو -

0°C پر پارے کے کالم کی بلندی $= h_0 = 50{\cdot}0$ cms.

100°C پر پارے کے کالم کی بلندی $= h_t = 50{\cdot}91$ cms.

ٹمپریچر کا فرق $= t = 100 - 0 = 100°C$

پارے کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار $= \gamma = \dfrac{h_t - h_0}{h_0 \times t}$

$$= \frac{50{\cdot}91 - 50{\cdot}0}{50{\cdot}0 \times 100} = \frac{0{\cdot}91}{5000}$$

$$= 0{\cdot}000182$$

Example 7. A litre of hydrogen weighs ·09 gm. at N.T.P. Calculate the weight of a litre of hydrogen at 27°C temperature and under 38 cms. pressure.

نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر هائیڈروجن کے ایک لیٹر کا وزن 09. گرام ہے تو 38 سم دباؤ اور 27°C ٹمپریچر پر ایک لیٹر هائیڈروجن کا وزن معلوم کرو ۔

پہلے 38 سم دباؤ اور 27°C ٹمپریچر پر گیس کے ایک لیٹر کا حجم نارمل دباؤ اور ٹمپریچر پر معلوم کیجیے

دیا ہوا دباؤ $= P_1 = 38$ cms.

دیا ہوا ٹمپریچر $= t = 27°C$

$= T_1 = 273 + 27 = 300°K$

دیا ہوا حجم $= V_1 = 1$ lit

نارمل دباؤ $= P = 76$

نارمل ٹمپریچر $= T = 273°K$

مطلوبہ حجم $= V = ?$

$$\because \quad \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

$$\frac{76V}{273} = \frac{38 \times 1}{300}$$

$$V = \frac{38 \times 1 \times 273}{76 \times 300}$$

$$= 0{\cdot}455 \text{ litres}$$

اب نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر

$$1 \text{ لیٹر کا وزن} = 0{\cdot}09 \text{ gm.}$$

$$\therefore \quad {\cdot}455 \text{ لیٹر کا وزن} = 0{\cdot}09 \times {\cdot}455$$

$$= 0{\cdot}041 \text{ gm.}$$

Example 8. Find the value of R in C.G.S. units in case of hydrogen if 1 gm of it occupies 11·2 litres at N.T.P.

سی - جی - ایس اکائیوں میں ہائیڈروجن کے لیے R کی قیمت معلوم کرو جب کہ اس گیس کے ایک گرام کا حجم نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر 11·2 لیٹر ہو -

چونکہ ہائیڈروجن کا مالیکیولی وزن 2 ہے اس لیے ہائڈروجن کے ایک گرام مالیکیول (یعنی 2 گرام) کا حجم

$$= V = 2 \times 11{\cdot}2 \text{ litres}$$

$$= 22400 \text{ c.c.}$$

$$\text{دباؤ} = P = 76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \text{ dynes/cm.}^2$$

(ڈائن فی مربع سم)

$$\text{ٹمپریچر} = T = 273^\circ K$$

$$\because \quad PV = RT$$

$$\therefore \quad R = \frac{PV}{T} = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \times 22400}{273}$$

$$= 8{\cdot}206 \times 10^7 \text{ ergs}$$

سوالات

Q. 1. Describe Roy and Ramsden's experiment for determining the coefficient of linear expansoion of a metallic rod.

دھات کی ایک سلاخ کے طولی پھیلاؤ کا معیار معلوم کرنے کے لیے رائے اور ریمزڈن کا تجربہ بیان کرو -

Q. 2. Explain the comparative method for finding out the coefficient of linear expansion of a rod.

کسی سلاخ کے طولی پھیلاؤ کا معیار دریافت کرنے کے لیے تقابلی طریقے کی تشریح کیجیے -

Q. 3. Describe how the coefficient of expansion of a rod can be determined by the method of optical lever.

واضح کیجیے کہ کسی سلاخ کے طولی پھیلاؤ کا معیار نوری لیور کے طریقے سے کیونکر معلوم کیا جا سکتا ھے ؟

Q. 4. (*a*) Explain how the coefficient of linear expansion of a metal vary at high and low temperature.

(*b*) State Gruneisen's law and illustrate it by examples.

(ا) واضح کرو کہ کسی دھات کے طولی پھیلاؤ کا معیار آونچے اور نیچے ٹمپریچروں پر کیونکر تبدیل ھوتا ھے ؟

(ب) گرونی سن کا قانون بیان کرو اور مثالوں سے اس کی وضاحت کرو۔

Q. 5. Describe Fizeau's method of finding out the coefficient of expansion of a crystal.

کسی کرسٹل کے پھیلاؤ کا معیار معلوم کرنے کے لیے فیزیو کا طریقہ بیان کیجیے -

Q. 6. Distinguish between the coefficient of absolute and apparent expansion of a liquid. Establish the relation between the two.

کسی مائع کے حقیقی پھیلاؤ کے معیار اور ظاھری پھیلاؤ کے معیار میں فرق بیان کرو اور ان کے درمیان تعلق قائم کرو -

Q. 7. Show that the increase in volume of a hollow vessel heated through a given range of temperature is equal to that of a solid vessel of the same material and size heated through the same range.

ثابت کرو کہ ایک کھوکھلے برتن کو دو خاص ٹمپریچروں کے درمیان گرم کرنے سے اس کے حجم کی زیادتی آتنی ھی پیدا ھوتی ھے

جتنی اسی سائز اور اسی شے کے ٹھوس برتن کو ان ھی ٹمپریچروں کے درمیان گرم کرنے سے پیدا ھوتی ھے ۔

Q. 8. What is a weight thermometer. How will you find the coefficient of apparent expansion of a liquid with this instrument ?

ویٹ تھرمامیٹر کیا ھوتا ھے ؟ اس آلے کی مدد سے کسی مائع کے ظاھری پھیلاؤ کا معیار کس طرح معلوم کیا جاتا ھے ؟

Q. 9. Write down the method of finding out the apparent expansion of a liquid by hydrostatic balance.

ایک ماسکونی ترازو کی مدد سے کسی مائع کے ظاھری پھیلاؤ کا معیار معلوم کرنے کا طریقہ لکھیے۔

Q. 10. Describe how Dulong and Petit measured the coefficient of absolute expansion of mercury. Explain the principle of the method.

بیان کیجیے کہ دولان اور پیتی نے پارے کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار کس طرح ناپا تھا ۔ ان کے طریقے کے اصول کی بھی وضاحت کیجیے۔

Q. 11. Explain Regnault's method of determining the coefficient of real expansion of a liquid giving the details of the method used by him.

کسی مائع کے حقیقی پھیلاؤ کا معیار دریافت کرنے کے لیے رینو کا طریقہ بیان کرو اور اس کے استعمال کردہ آلے کی تشریح کرو ۔

Q. 12. Write a short note on anomalous expansion of water. How can it be illustrated by experiments ?

پانی کے بے قاعدہ پھیلاؤ پر ایک مختصر نوٹ تحریر کیجیے ۔ اس کی وضاحت تجربوں سے کیونکر کی جا سکتی ھے ؟

Q. 13. Define coefficient of increase of volume and coefficient of increase of pressure of a gas, and give the method of determining these by experiments.

گیس کے حجم کی زیادتی کے معیار کی تعریف کرو اور تجربوں سے ان کی قیمت معلوم کرنے کا طریقہ بیان کرو ۔

Q. 14. Write a short note on absolute zero and absolute scale of temperature.

مطلق صفر اور ٹمپریچر کے مطلق پیمانے پر نوٹ قلم بند کیجیے۔

Q. 15. Establish the Gas Equation and write what you know about the Gas Constant.

گیس کی مساوات ثابت کیجیے اور گیس کے مستقل کے متعلق جو کچھ آپ جانتے تحریر کیجیے۔

Q. 16. What is a thermostat? Explain the construction and working of any form of a thermostat.

تھرموسٹیٹ کیا ہوتا ہے؟ کسی قسم کے ایک تھرموسٹیٹ کی ساخت اور عمل کی تشریح کرو۔

حرارت پیمائی

(CALORIMETRY)

حرارت پیمائی - حرارت پیمائی کے لفظی معنی حرارت کی پیمائش کرنا ھے - چونکہ یہ پیمائش عموماً حرارت کی اُس اکائی میں کی جاتی ھے جس کو کلوری (Calore) کا نام دیا گیا ھے اس لیے اسے انگریزی میں کلوری میٹری (Calorimetry) کہتے ھیں - انگلستان کے ایک سائنس دان جوزف بلیک (Joseph Black) نے سب سے پہلے اس امر کی تصریح کی تھی کہ حرارت ایک قابل پیمائش شے ھے - حرارت مخصوصہ کی اصطلاح کو بھی، جس کی تشریح نیچے آئے گی، طبیعیات میں اسی نے داخل کیا تھا -

حرارت مخصوصہ - اگر کسی شے کی کمیت m کو Q حرارت دی جائے جس سے اس کا ٹمپریچر بقدر $t°C$ کے بڑھ جائے تو ان مقداروں کا باھمی تعلق مندرجہ ذیل مساوات سے ظاھر ھوتا ھے :

$$Q = mSt$$

جب کہ S ایک ایسا مستقل ھے جس کا انحصار اُس شے کی نوعیت پر ھوتا ھے - اسی مستقل S کو اُس شے کی **حرارت مخصوصہ** (Specific heat) کہتے ھیں -

اگر اوپر کی مساوات میں m کو 1 گرام اور t کو 1°C لیا جائے تو حرارت مخصوصہ S حرارت کی مقدار Q کے برابر ھو جاتی ھے - اس سے ھمیں حرارت مخصوصہ کی مندرجہ ذیل تعریف حاصل ھوتی ھے -

حرارت مخصوصہ کی تعریف ۔ کسی شے کی **حرارت مخصوصہ** (Specific heat) سے حرارت کی وہ مقدار مراد ہوتی ہے جو اس شے کے ایک گرام کو 1°C تک گرم کرنے کے لیے درکار ہو ۔

کلوری ۔ سنٹی میٹر گرام سیکنڈ نظام میں جو سائنس کا مروجہ نظام ہے ، حرارت کی اکائی **کلوری** (Calorie) ہے جس کی تعریف یوں کی جاتی ہے :

ایک کلوری حرارت کی وہ مقدار ہے جو ایک گرام پانی کو 1°C تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے ۔

یہ کلوری کی عام تعریف ہے مگر اس میں ایک خامی بھی ہے ۔ وہ یہ کہ ایک گرام پانی کو 1°C تک گرم کرنے میں حرارت کی جو مقدار درکار ہوتی ہے وہ تمام ٹمپریچروں پر بالکل یکساں نہیں ہوتی بلکہ اس میں خفیف سا اختلاف واقع ہوجاتا ہے ۔ مثال کے طور پر ایک گرام پانی کو 10°C سے 11°C تک گرم کرنے میں جو حرارت صرف ہوتی ہے وہ اس حرارت سے جو ایک گرام پانی کو 60°C سے 61°C تک گرم کرنے میں صرف ہوتی ہے ، خفیف سی مختلف ہوتی ہے ۔

اس وجہ سے **کلوری کی صحیح صحیح تعریف** کرنے کے لیے سائنس دان ٹمپریچر کو 15·5°C کے گرد یعنی 14·5°C اور 15·5°C کے درمیان مقرر کرتے ہیں اور کلوری کی تعریف ان الفاظ میں کرتے ہیں :

ایک کلوری حرارت کی وہ مقدار ہے جو ایک گرام پانی کو 14·5°C سے 15·5°C تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے ۔ اس کو 15° کلوری (15° Calorie) کہتے ہیں ۔

کلوری کی ایک اور صورت بھی ہے جو **اوسط سنٹی گریڈ کلوری** (Mean centigrade calorie) کہلاتی ہے ۔ یہ اس حرارت کا $\frac{1}{100}$ حصہ ہے جو ایک گرام پانی کو 0°C سے 100°C تک گرم کرنے میں صرف ہوتی ہے (اس کی مزید تفصیل آگے آئے گی) ۔

برٹش تھرمل یونٹ ۔ برطانوی نظام پیمائش میں حرارت کی جو اکائی مستعمل ہے ، اس کا نام **برٹش تھرمل یونٹ** (British thermal unit)

ھے جسے مخفف کرکے انگریزی میں .B. Th. U لکھا جاتا ھے - ایک برٹش تھرمل یونٹ حرارت کی وہ اکائی ھے جو ایک پونڈ پانی کو 1°F تک گرم کرنے کے لیے درکار ھوتی ھے -

برٹش تھرمل یونٹ اور کلوری میں تعلق - چونکہ ایک پونڈ 453·6 گرام کے برابر ھوتا ھے اور ایک فارن ھیٹ ڈگری (1°F) مقدار میں $\frac{5}{9}$ سنٹی گریڈ ڈگری ($\frac{5}{9}$°C) کے برابر ھوتی ھے اس لیے ایک برٹش تھرمل یونٹ ($453{\cdot}6\times\frac{5}{9}$) کلوری یعنی 252 کلوریوں کے برابر ھوتا ھے - پس

252 کلوریاں = 1 برٹش تھرمل یونٹ

اوسط حرارت مخصوصہ اور حقیقی حرارت مخصوصہ - کلوری کی تشریح میں یہ لکھا جا چکا ھے کہ 1 گرام پانی کو مثال کے طور پر 10°C سے 11°C تک گرم کرنے کے لیے حرارت کی جو مقدار صرف ھوتی ھے وہ اس مقدار سے خفیف سی مختلف ھوتی ھے جو مثال کے طور پر 60°C سے 61°C تک اسے گرم کرنے کے لیے درکار ھوتی ھے - یہی حال دیگر اشیا کا ھے ، جس سے ظاھر ھوتا ھے کہ کسی شے کی حرارت مخصوصہ کی قیمت ھر ٹمپریچر پر بالکل یکساں نہیں ھوتی بلکہ مختلف ٹمپریچروں پر اس میں خفیف سا فرق ھو سکتا ھے - تجربے سے جب کسی شے کے m گرام کو دو ٹمپریچروں θ_1 اور θ_2 کے درمیان گرم کرکے حرارت کی مقدار Q جو اس میں جذب ھوتی ھے ، معلوم کی جائے اور پھر حرارت مخصوصہ S کی قیمت $S=\dfrac{Q}{m(\theta_2-\theta_1)}$ کے کلیے سے نکالی جائے تو حرارت مخصوصہ S کی جو قیمت اس کلیے سے نکلتی ھے وہ ان دونوں ٹمپریچروں (θ_1 اور θ_2) کے درمیان **اوسط حرارت مخصوصہ** (Mean specific heat) ھوتی ھے - عام تجربوں سے جب ھم کسی شے کی حرارت مخصوصہ دریافت کرتے ھیں تو یہ حرارت مخصوصہ بھی حقیقت میں اوسط حرارت مخصوصہ ھی ھوتی ھے - جہاں تک کسی ٹمپریچر پر اس شے کی حقیقی حرارت مخصوصہ کا تعلق ھے اس کا تصور احصا یعنی

کیلکولس (Calculus) کی زبان میں یوں کیا جا سکتا ہے - فرض کیجیے کہ کسی شے کے m گرام کو جس کا ٹمپریچر θ ہے ، نہایت قلیل سی حرارت dQ دی جاتی ہے جس سے اس کا ٹمپریچر بقدر $d\theta$ کے خفیف سا بڑھ جاتا ہے - تب اگر اس کی حقیقی حرارت مخصوصہ اس ٹمپریچر θ پر S ہو تو

$$S = \frac{1}{m} \times \frac{\quad}{d\theta}$$

حرارتی گنجائش - کسی جسم کو $1°C$ تک گرم کرنے کے لیے حرارت کی جو مقدار درکار ہوتی ہے اُسے اس جسم کی **حرارتی گنجائش** (Thermal capacity) کہتے ہیں - اگر جسم کی کمیت m گرام اور اس کی حرارت مخصوصہ S ہو تو

$$mS = \text{جسم کی حرارتی گنجائش}$$

آب مساوی - کسی جسم کو $1°C$ تک گرم کرنے کے لیے حرارت کی جو مقدار (mS) درکار ہوتی ہے اگر یہ مقدار w گرام پانی کو دی جائے جس سے اس پانی کا ٹمپریچر بھی بقدر $1°C$ ہی کے زیادہ ہوجائے تو یہ w گرام پانی اس جسم کا **آب مساوی** (Water equivalent) کہلاتا ہے - چونکہ پانی کی حرارت مخصوصہ 1 ہوتی ہے اس لیے

$$w \times 1 = mS$$
$$\therefore \quad w = mS$$

مگر mS اس جسم کی حرارتی گنجائش ہے - اس سے ثابت ہوتا ہے کہ کسی جسم کا آب مساوی عددی طور پر اس جسم کی حرارتی گنجائش کے برابر ہوتا ہے - البتہ ان دونوں کی اکائیوں میں فرق ہے - چنانچہ حرارتی گنجائش چونکہ حرارت کی مقدار ہوتی ہے اس لیے اس کو کلوریوں میں ظاہر کیا جاتا ہے لیکن آب مساوی پانی کی مقدار ہوتی ہے ، اس لیے اس کو گراموں میں ظاہر کیا جاتا ہے -

حالت کی تبدیلی سے حرارت مخصوصہ کا تبدیل ہو جانا - ٹھوس حالت میں کسی شے کی جو حرارت مخصوصہ ہوتی ہے وہ مائع حالت میں

تبدیل ہو جاتی ہے اور بالعموم بڑھ جاتی ہے - اگر اس مائع کو گیس کی شکل میں منتقل کیا جائے تو گیسی حالت میں اس کی حرارت مخصوصہ پھر بدل جاتی ہے اور بالعموم گھٹ جاتی ہے - اس سے ظاہر ہے کہ کسی شے کے لیے **حرارت مخصوصہ کی قیمتیں ٹھوس ، مائع اور گیسی حالت میں الگ الگ ہوتی ہیں** - ان میں مائع حالت کی حرارت مخصوصہ باقی دو حالتوں یعنی ٹھوس اور گیسی حالت کی حرارت مخصوصہ سے بڑھی ہوئی ہوتی ہے - مثال کے طور پر پانی کی تین حالتیں ہیں - عام پانی جو اس کی مائع حالت ہے ، برف جو اس کی ٹھوس حالت ہے اور بھاپ جو اس کی گیسی حالت ہے - مائع پانی کی حرارت مخصوصہ 1 ہوتی ہے مگر برف کی حرارت مخصوصہ اس سے کم یعنی 0.5 ہوتی ہے اور بھاپ کی حرارت مخصوصہ اس سے بھی کم یعنی 0.48 ہو جاتی ہے -

حرارت مخصوصہ کی پیمائش کے عملی طریقے - ٹھوس اجسام، مائعات اور گیسوں کی حرارت مخصوصہ کو معلوم کرنے کے متعدد طریقے ہیں جن کی تفصیل اس باب میں اپنی اپنی جگہ پر آئے گی - ان میں پہلا اور مشہور طریقہ **آمیزشی طریقہ** (Method of mixture) ہے جو تجربہ گاہوں میں عام طور پر مستعمل ہے -

ٹھوس جسم کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کا آمیزشی طریقہ - یہ طریقہ فرانس کے مشہور سائنس دان رینو (Regnault) کی اختراع ہے - اس میں جو آلہ استعمال کیا جاتا ہے اس کے دو حصے ہیں - ایک ہیٹر (Heater) اور دوسرا کلوری میٹر (Calorimeter) - ہیٹر میں دیے ہوئے جسم کو بھاپ کے ٹمپریچر تک گرم کرنے کا اہتمام کیا جاتا ہے - کلوری میٹر تانبے کا ایک برتن ہوتا ہے جس پر عموماً نکل کا ملمع چڑھا دیا جاتا ہے جس سے اس کی بیرونی سطح بہت چمک دار ہو جاتی ہے - اس کو لکڑی کے ایک بکس کے اندر نوک دار ٹکڑوں پر رکھا جاتا ہے یا ڈور سے اندر لٹکا دیا جاتا ہے - اس بکس کے اندر اس کی دیواروں کے ساتھ ساتھ ولایتی روئی یعنی کاٹن وول (Cotton wool) کی ایک تہ جما دی جاتی ہے اور بکس کے منہ پر لکڑی کا ایک ڈھکنا دے دیا جاتا ہے -

یہ تمام احتیاطیں اس لیے کی جاتی ہیں کہ حرارت کو اشعاع (Radiation) اور ایصال (Conduction) وغیرہ کے ذریعے ضائع ہونے سے بچایا جاسکے - کلوری میٹر میں مائع کو ہلانے کے لیے ایک ہلانی (Stirrer) اور مائع کا ٹمپریچر لینے کے لیے ایک حساس تھرمامیٹر بھی موجود ہوتے ہیں -

تجربہ کرنے کے لیے سب سے پہلے دیے ہوئے جسم کو ترازو سے وزن کر کے اس کی کمیت نکالی جاتی ہے- پھر ہیٹر (Heater) کے اندر اس جسم کو اگر وہ ایک چھوٹے سے ٹکڑے کی صورت میں ہو ، دھاگے کی مدد سے لٹکا دیا جاتا ہے یا اگر وہ چھوٹے چھوٹے ذروں کی شکل میں ہو تو دھات کی ایک نلی میں ڈال کر داخل کر دیا جاتا ہے - یہ ہیٹر دوہری دیواروں کا کھلا برتن ہوتا ہے جس کی دیواروں کی درمیانی جگہ میں بھاپ گزار کر اس کے اندر کا ٹمپریچر ایک خاص حد تک اونچا کیا جاتا ہے - ٹھوس جسم جو اس کے اندر موجود ہوتا ہے ، بالآخر یہی اونچا ٹمپریچر اختیار کر لیتا ہے - لیکن چونکہ بھاپ ہیٹر کی دوہری دیواروں ہی میں سے گزرتی ہے اس لیے وہ جسم کو بالواسطہ تو گرم کرتی ہے مگر خود جسم کے ساتھ مس نہیں کرنے پاتی - اس کا فائدہ یہ ہے کہ جسم کے ساتھ بھاپ کے لگنے سے اس پر جو پانی کے قطرے وغیرہ لگ سکتے تھے وہ اب لگنے نہیں پاتے بلکہ جسم گرم ہونے کے باوجود بالکل خشک رہتا ہے - اس دوران میں کلوری میٹر کو ہلانی (Stirrer) سمیت پہلے خالی وزن کیا جاتا ہے پھر اس میں اتنا پانی ڈالا جاتا ہے جس سے ٹھوس جسم عین ڈوب سکے - اور اسے دوبارہ وزن کر کے پانی کی کمیت معلوم کر لی جاتی ہے - کلوری میٹر کو اس کے چوبی بکس میں رکھ دیا جاتا ہے اور تھرمامیٹر سے پانی کے ٹمپریچر کی پیمائش کی جاتی ہے -

جب ہیٹر کے اندر ٹھوس جسم اس زیادہ سے زیادہ ٹمپریچر کو پہنچ جاتا ہے جو اس کے اندر پایا جاتا ہے تو ایک تھرمامیٹر کے ذریعے اس ٹمپریچر کی پیمائش کرلی جاتی ہے - اب گرم کیے ہوئے ٹھوس جسم کو تیزی سے کلوری میٹر میں ڈال دیا جاتا ہے - پانی کو ہلایا

جاتا ہے اور اس آمیزے کا نیا ٹمپریچر معلوم کر لیا جاتا ہے۔ تب اگر پانی کی کمیت m_1 ہو ، اس کا ابتدائی ٹمپریچر t_1 ہو ، کلوری میٹر کا آب مساوی w ہو ، ٹھوس جسم کی کمیت m_2 ہو ، اس کا (اونچا) ٹمپریچر t_2 ہو ، اس کی حرارت مخصوصہ S ہو اور آمیزے کا آخری ٹمپریچر t_3 ہو تو

ٹھوس جسم کی خارج شدہ حرارت $= m_2\, S(t_2-t_3)$

پانی اور کلوری میٹر کی حاصل کردہ حرارت $= (m_1+w)\,(t_3-t_1)$

$\because$ خارج شدہ حرارت = حاصل کردہ حرارت

$\therefore$ $(m_1+w)\,(t_3-t_1)=m_2 S(t_2-t_3)$

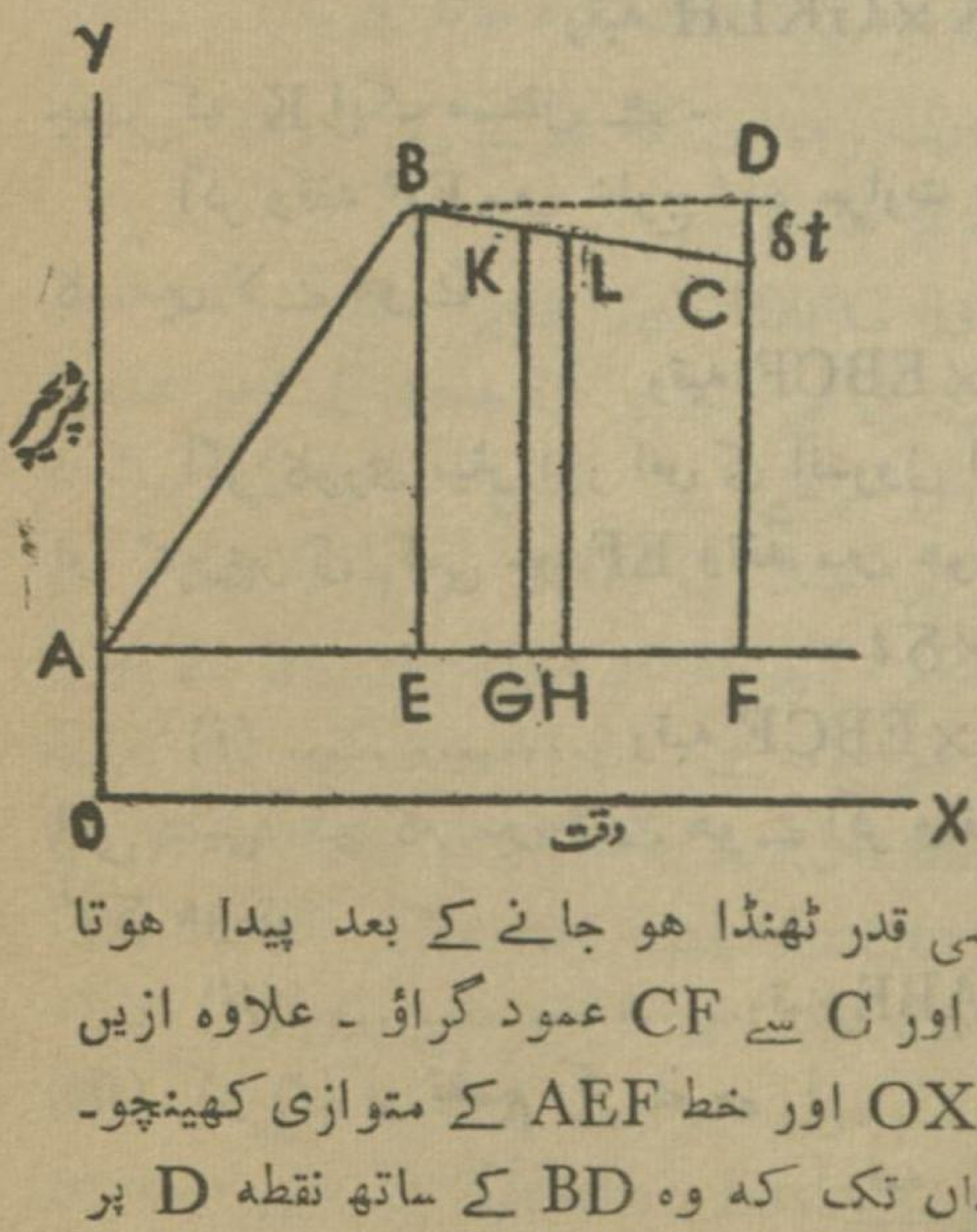
یا
$$S=\frac{(m_1+w)(t_3-t_1)}{m_2(t_2-t_3)}$$

اشعاعی تصحیح (Radiation correction) - جب گرم شدہ ٹھوس جسم کو کلوری میٹر میں پانی کے اندر ڈالا جاتا ہے تو ہوا کے ٹمپریچر سے اس آمیزے کے ٹمپریچر کے اونچا ہونے کے باعث کچھ نہ کچھ حرارت اشعاع (Radiation) وغیرہ کے ذریعے خارج ہونے لگتی ہے - اس کا نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ آمیزے کا پیمائش کردہ ٹمپریچر اس کے اصلی ٹمپریچر سے ، جو حرارت کے اس اخراج کے نہ ہونے کی صورت میں ہوتا، کچھ کم رہ جاتا ہے - اس کمی کو معلوم کر کے اسے پیمائش کردہ ٹمپریچر میں جمع کرنا **اشعاعی تصحیح** (Radiation correction) کہلاتا ہے - اشعاعی تصحیح کے بعد آمیزے کا آخری ٹمپریچر صحیح صحیح معلوم ہو جاتا ہے اور حرارت مخصوصہ کی قیمت بالکل درست نکلتی ہے -

اشعاعی تصحیح کا ذیل کا طریقہ جو ایک سائنس دان بارٹن (Barton) کی اختراع ہے ، نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون (Newton's law of cooling) پر مبنی ہے - چونکہ اس تجربے میں آخری ٹمپریچر اور ابتدائی ٹمپریچر کا فرق 30°C سے ہمیشہ کم ہوتا ہے جو نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کے اطلاق کے لیے آخری حد ہے ، اس لیے اس پر نیوٹن کے قانون کا اطلاق کیا جا سکتا ہے -

جب گرم جسم کلوری میٹر کے پانی میں ڈالا جاتا ھے تو ساتھ ھی ایک روک گھڑی یعنی سٹاپ واچ چلا دی جاتی ھے - اس کے بعد آمیزے کا ٹمپریچر نصف نصف منٹ کے بعد نوٹ کیا جاتا ھے ، یہاں تک کہ آمیزہ اپنا آخری ٹمپریچر اختیار کر لیتا ھے جو اس کا زیادہ سے زیادہ ٹمپریچر ھوتا ھے - اس کے بعد جب یہ ٹمپریچر گرنے لگتا ھے تو بھی نصف نصف منٹ کے بعد (چند منٹوں تک) اس کے گرتے ھوئے ٹمپریچر کا اندراج کیا جاتا ھے - پھر ٹمپریچر کے ان مشاھدات سے وقت اور ٹمپریچر کا ایک گراف کھینچا جاتا ھے جس میں وقت کو X — محور کے ساتھ اور ٹمپریچر کو Y — محور کے ساتھ ظاھر کیا جاتا ھے ، جیسا کہ ذیل کی شکل میں دکھایا گیا ھے -

اس شکل میں ٹمپریچر کے OY محور پر نقطہ A ایسا لو جو کمرے کے ٹمپریچر کو ظاھر کرتا ھو اور A سے ایک خط مستقیم AEF وقت کے OX محور کے متوازی کھینچو - گراف پر نقطہ B آمیزے کے آخری ٹمپریچر کو ظاھر کرتا ھے اور C نقطہ اس ٹمپریچر کو ظاھر کرتا ھے جو آخری ٹمپریچر تک پہنچ جانے کے



کچھ عرصے بعد آمیزے کے کسی قدر ٹھنڈا ھو جانے کے بعد پیدا ھوتا ھے - خط AEF پر B سے BE اور C سے CF عمود گراؤ - علاوہ ازیں B سے ایک اُفقی خط BD محور OX اور خط AEF کے متوازی کھینچو- FC کو اوپر کی طرف بڑھاؤ یہاں تک کہ وہ BD کے ساتھ نقطہ D پر مل جائے - نقطہ C کوئی واضح نقطہ نہیں ھے بلکہ اپنے انتخاب کے مطابق اسے کہیں بھی لیا جا سکتا ھے - اسے ایسے مقام پر لینا چاھیے کہ CD جو ٹمپریچر کے فرق δt کو ظاھر کرتا ھے ، قریباً $1°C$ ھو - علاوہ

ازیں BCFF کا رقبہ ABE کے رقبے کے قریباً برابر ہو - اب وقت کے ایک بہت چھوٹے سے وقفے GH کو زیر غور لاؤ - اگر اس وقفے میں خارج شدہ حرارت dQ ہوتو اس لمحے G میں حرارت کے اخراج کی شرح $\frac{dQ}{GH}$ ہو گی - نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کے مطابق $\frac{dQ}{GH}$ خط GK کے متناسب ہے جو کمرے کے ٹمپریچر سے جسم کے ٹمپریچر کی زیادتی کو ظاہر کرتا ہے -

$$\therefore \quad \frac{dQ}{GH} \propto GK$$

یا $dQ \propto GH \times GK$

مگر $GH \times GK$ رقبہ GKLH کے برابر ہے

$\therefore \quad dQ \propto$ رقبہ GKLH

یا $dQ = K \times$ رقبہ GKLH

جب کہ K ایک مستقل ہے -

اگر وقفہ EF میں خارج شدہ حرارت Q ہو تو اوپر کی دلیل کو کام میں لاتے ہوئے

$Q = K \times$ رقبہ EBCF

اگر کلوری میٹر اور اس کی اندرونی اشیاء کی حرارتی گنجائش C ہو اور ٹمپریچر کی کمی جو EF وقفہ میں ہوئی ہے ، δt ہو تو

$$Q = C \times \delta t$$

$\therefore \quad C \times \delta t = K \times$ رقبہ EBCF .... (i)

اسی دلیل کو کام میں لاتے ہوئے اگر وقفہ AE میں ٹمپریچر کی کمی $\delta t'$ ہو تو

$C \times \delta t' = K \times$ رقبہ ABE ....(ii)

(ii) کو (i) پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{\delta t'}{\delta t} = \frac{\text{ABE رقبہ}}{\text{EBCF رقبہ}}$$

$$\therefore \quad \delta t' = \frac{\text{ABE رقبہ}}{\text{EBCF رقبہ}} \delta t$$

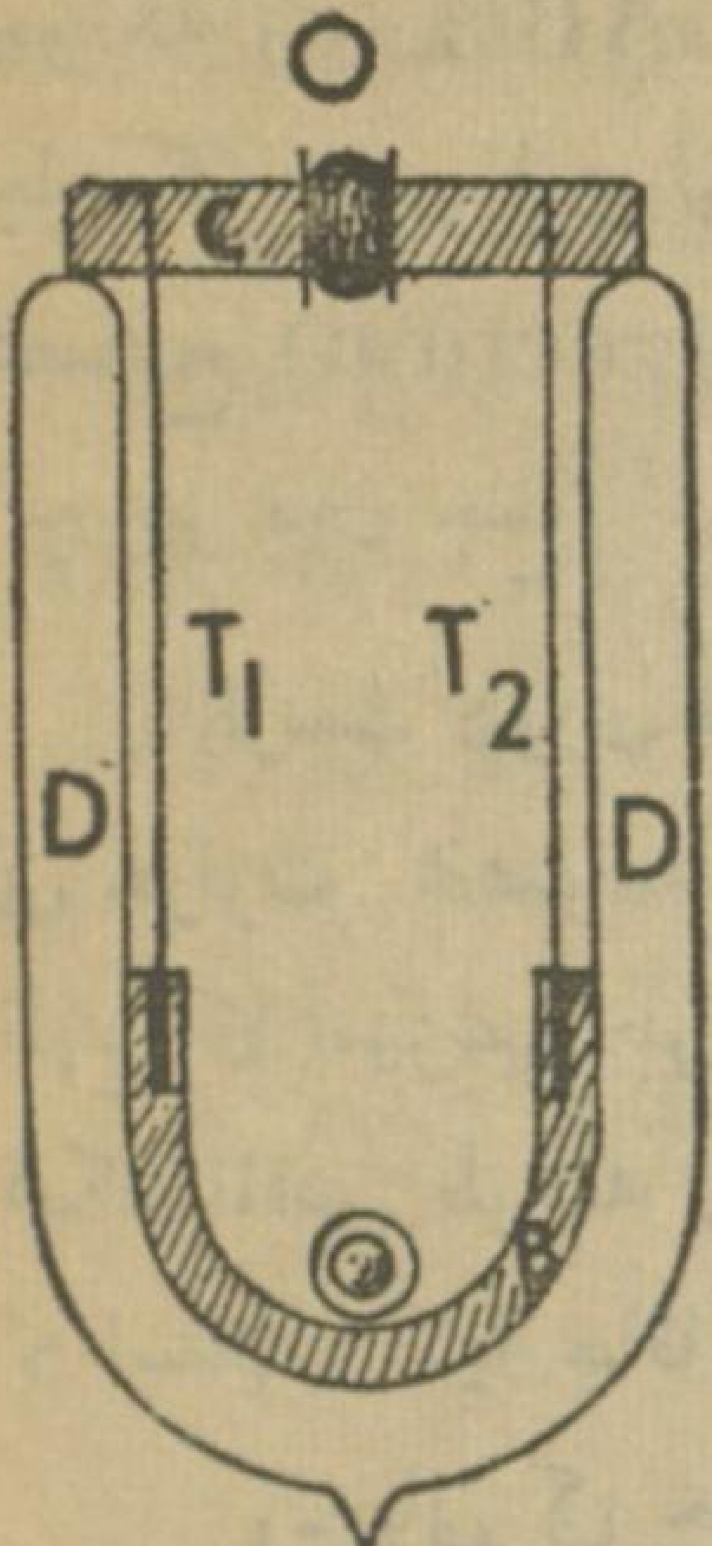
چونکہ رقبہ ABE ، رقبہ EBCF اور δt کی پیمائشیں گراف پر سے ناپی جا سکتی ہیں اس لیے $\delta t'$ کی قیمت معلوم کی جا سکتی ہے - یہی **اشعاعی تصحیح** (Radiation correction) ہے - اسے پیمائش کردہ آخری ٹمپریچر میں جمع کر دینے سے صحیح آخری ٹمپریچر معلوم ہو جاتا ہے -

نرسٹ کلوری میٹر (Nernst Calorimeter) سے کسی ٹھوس جسم کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنا - کسی ٹھوس جسم کی حررات مخصوصہ ناپنے کا آمیزشی طریقہ جس کی تفصیل پہلے گزر چکی ہے ، چند وجوہ سے ایک ناقص طریقہ ہے ، کیونکہ اس طریقے سے کلوری میٹر کے اندر پانی کا استعمال کیا جاتا ہے جس سے مندرجہ ذیل نقائص پیدا ہوتے ہیں :

۱- پانی کی حرارت مخصوصہ بہت زیادہ ہوتی ہے ، اس لیے پانی کے ٹمپریچر میں جو زیادتی اس میں گرم جسم ڈالنے سے پیدا ہوتی ہے وہ قلیل ہوتی ہے جس سے فی صدی غلطی کا امکان بڑھ جاتا ہے -

۲- پانی میں یہ بھی اندیشہ رہتا ہے کہ تجربے کے دوران میں اس کا کچھ حصہ تبخیر ہو کر نہ اڑ جائے -

۳- پانی 0°C سے اوپر اور 100°C سے نیچے مائع حالت میں رہتا ہے ، اس لیے تجربے کرنے کے لیے ٹمپریچر ان حدود کے اندر محصور ہو جاتا ہے - چنانچہ اگر ہم اس طریقے سے کسی دھات کی حرارت مخصوصہ بہت اونچے ٹمپریچر پر مثلاً 1000°C پر یا 1600°C پر معلوم کرنا چاہیں تو نہیں کر سکتے، کیونکہ اس صورت میں پانی کے بھاپ میں منتقل ہونے کا امکان پیدا ہو جاتا ہے - ان خامیوں کو دور کرنے لیے ایک سائنس دان نرسٹ (Nernst) نے ایک کلوری میٹر بنایا جو اس کے نام پر نرسٹ کلوری میٹر (Nernst Calorimeter) کہلاتا ہے - اس کے اندر پانی استعمال نہیں ہوتا بلکہ پانی کا کام تانبے کے ایک بلاک سے لیا جاتا ہے - یہ بلاک B جو موٹی دیواروں کے ایک پیالے کی شکل کا ہوتا ہے ، ایک ڈیوار فلاسک (Dewas's flask) D یعنی تھرموس بوتل کے اندر اس کے نیچے کے حصے میں پیوست ہوتا ہے - فلاسک کا منہ بھی تانبے ہی کے ایک ڈھکنے C سے بند ہوتا ہے - اس ڈھکنے کے



درمیان میں ایک نلی اندر کی طرف کو لگی ہوتی ہے تاکہ اس نلی میں سے حسب ضرورت ٹھوس جسم کو اندر داخل کیا جا سکے - بلاک B کا ٹمپریچر ناپنے کے لیے دو حرارتی برق تھرمامیٹروں یعنی تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹروں T_1 اور T_2 سے کام لیا جاتا ہے جن کا ایک جوڑ یعنی جنکشن بلاک B میں اور دوسرا جوڑ یعنی جنکشن بلاک C میں ہے - بلاک C کا ٹمپریچر ایک قیمت پر برقرار رہتا ہے اور اس مقصد کے لیے پورے فلاسک کو ایک باتھ میں ڈبو کر رکھا جاتا ہے -

تجربہ کرنے کے لیے دیے ہوئے ٹھوس جسم کو جس کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنی مقصود ہو ، ایک خاص ٹمپریچر پر گرم کر کے ڈھکنے C کے درمیانی سوراخ O میں سے اندر گراؤ اور پھر روئی کے ایک پلگ (Plug) سے اس سوراخ کا منہ بند کر دو - گرم شدہ جسم بلاک B پر جا پڑے گا جہاں یہ اپنی حرارت تانبے کے اس بلاک B کو دے گا - چونکہ تانبا حرارت کا بہت اچھا موصل ہے اس لیے یہ حرارت کو بہت جلد اپنے اندر جذب کر کے پھیلا دے گا جس کے باعث جسم اور بلاک B دونوں ایک آخری ٹمپریچر اختیار کر لیں گے - یہ ٹمپریچر تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹروں سے معلوم ہو جائے گا - اگر بلاک B کا آب مساوی w ہو جو علیحدہ طور پر معلوم کیا جا سکتا ہے ، گرم جسم کا ابتدائی ٹمپریچر t_1 ہو ، بلاک B کا ابتدائی ٹمپریچر t_2 ہو ، جسم اور بلاک B کا مشترکہ ٹمپریچر t_3 ہو، جسم کی مطلوبہ حرارت مخصوصہ S ہو ، جسم کی کمیت m ہو تو

جسم کی خارج کردہ حرارت $= mS(t_1 - t_3)$

بلاک B کی حاصل کردہ حرارت $= w(t_3 - t_2)$

$\because$ حاصل کردہ حرارت = خارج کزدہ حرارت

$$\therefore \quad mS(t_1 - t_3) = w(t_3 - t_2)$$

یا

$$S = \frac{w(t_3 - t_2)}{m(t_1 - t_3)}$$

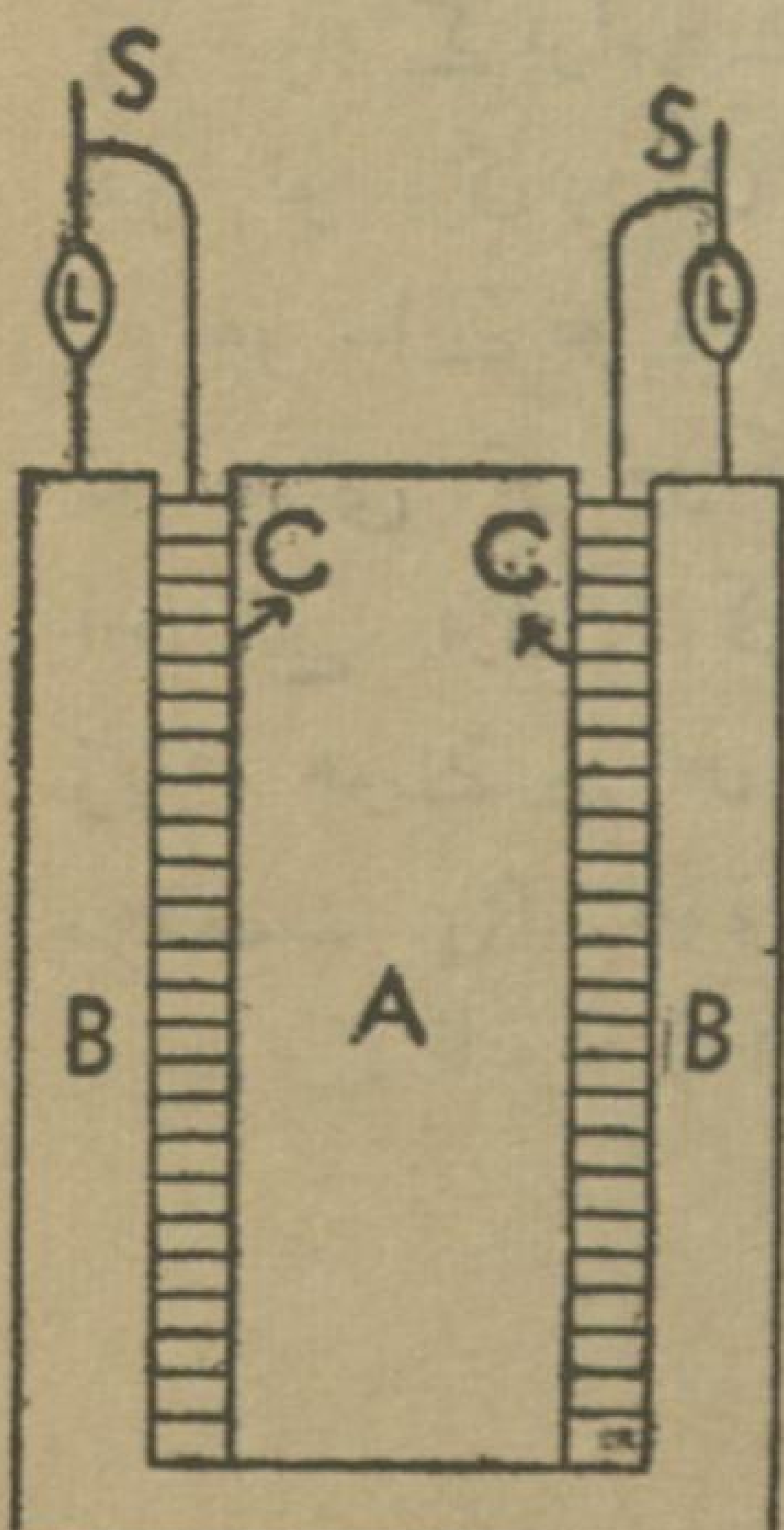
فوائد - نرسٹ (Nernst) کے اس کلوری میٹر کے مندرجہ ذیل فوائد ہیں :

۱- ڈیوارفلاسک (Dewar's flask) میں سے حرارت باھر نکلنے نہیں پاتی ، اس لیے اس تجربے میں کسی حرارتی تصحیح کی ضرورت نہیں پڑتی -

۲- چونکہ تانبے کی حرارتی گنجائش پانی کے مقابلے میں بہت کم ہوتی ہے اس لیے گرم جسم کو تانبے کے بلاک کے ساتھ مس کرنے سے ٹمپریچر کی پیدا شدہ زیادتی نسبتاً بہت بڑھی ہوئی ہوتی ہے -

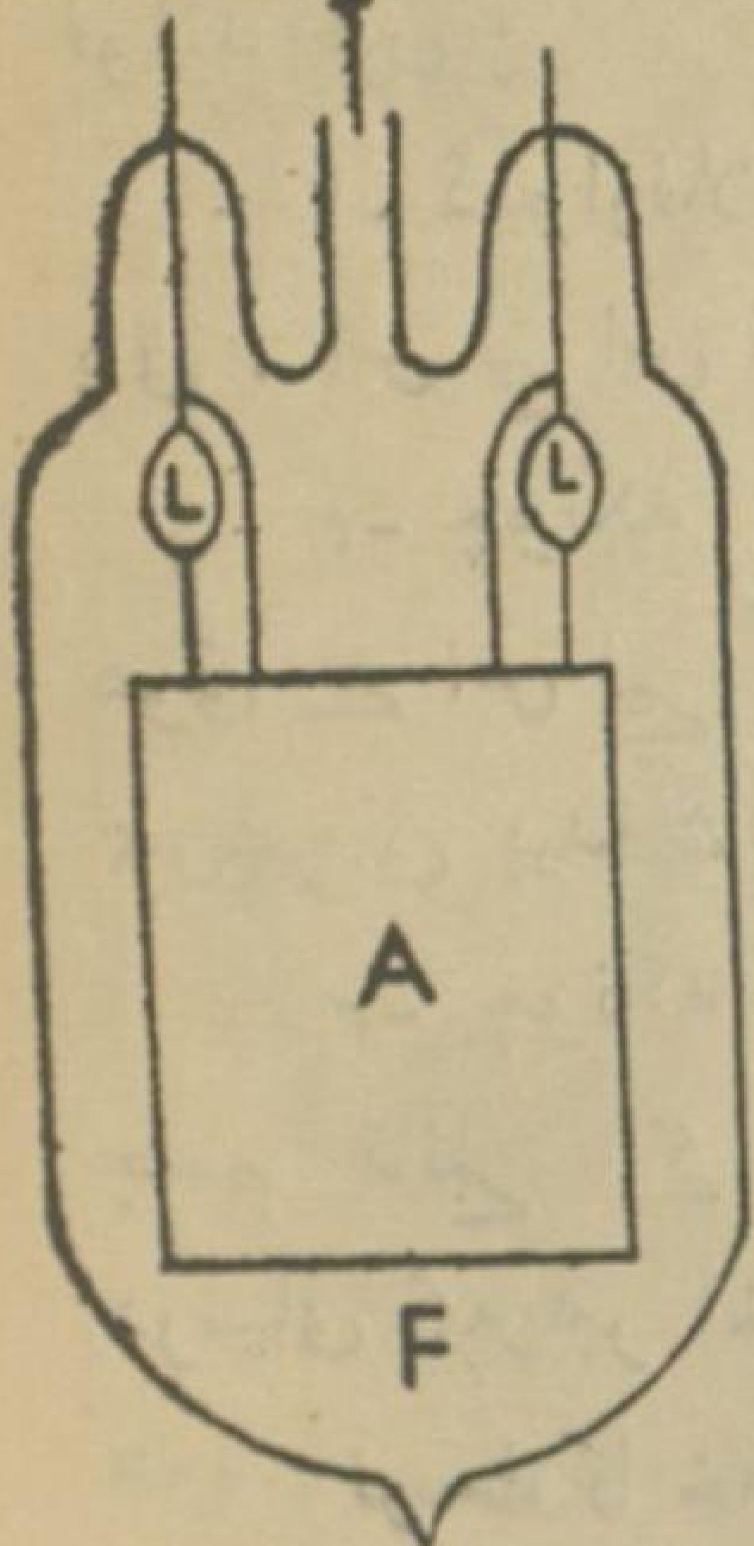
۳- چونکہ تانبا حرارت کا بہت عمدہ موصل ہے اس لیے جب گرم جسم تانبے کے بلاک کے ساتھ ملتا ہے تو دونوں بہت جلد مشترکہ درمیانی ٹمپریچر اختیار کر لیتے ہیں -

نرسٹ کا خلائی کلوری میٹر - ٹھوس اجسام کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے لیے نرسٹ (Nernst) ھی نے ایک اور وضع کا کلوری میٹر ایجاد کیا جو **نرسٹ کا خلائی کلوری میٹر** (Nernst vacuum calorimeter) کہلاتا ہے - اس کلوری میٹر میں ٹھوس جسم کو گرم کرنے کا کام برقی طریقے سے لیا جاتا ہے - بہت نیچے ٹمپریچروں پر حرارت مخصوصہ کی پیمائش کے لیے یہ طریقہ خاص طور پر بہت موزوں ہے -



اس کلوری میٹر میں A اس دھات (وغیرہ) کا ایک ٹھوس سلنڈر ہے جس کی حرارت مخصوصہ دریافت کرنا مطلوب ہے - اس سلنڈر کے گرد پلاٹینم کے محجوز (Insu-lated) تار کا ایک لچھا لپیٹ دے دے کر چڑھایا جاتا ہے - اس تار سے دو کام لیے جاتے ہیں - اول جب اس میں برقی رو (Current) گزاری جاتی ہے تو یہ ٹھوس جسم A کو گرم کرتا ہے - دوم یہی تار ایک مزاحمتی تھرمامیٹر (Resistance thermometer) کے تار کا بھی کام دیتا ہے اور گرم کیے ہوئے ٹھوس جسم کے ٹمپریچر کو ناپنے میں مدد دیتا ہے - یہ ٹھوس سلنڈر مع اپنے لچھے کے اسی دھات کے ایک کھوکھلے سلنڈر کے اندر

فٹ کر دیا جاتا ہے - اس تیار شدہ کلوری میٹر کو آخر میں ایک بلب کے اندر داخل کر دیتے ہیں ، جس میں سے ہوا مکمل طور پر خارج کر دی جاتی ہے اور پھر اسے سیل (Seal) کر دیا جاتا ہے - ٹھوس سلنڈر کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے لیے اس کے اوپر لپٹے ہوئے پلاٹینم کے تار کو ایک برقی بیٹری کے ساتھ جوڑ دو اور اس کے برقی سرکٹ میں ایک ایم میٹر اور ایک متبادل مزاحمت (Variable resistance) ایک ہی سلسلے میں لگاؤ ، نیز اس کے آر پار ایک وولٹ میٹر متوازی طریقے سے پیوست کر دو - ایک خاص وقت t تک کے لیے جس کی پیمائش سٹاپ واچ سے کی جا سکتی ہے ، اس سرکٹ میں برقی رو گزارو - متبادل مزاحمت کی مدد سے یہ التزام رکھو کہ وولٹ میٹر میں پوٹانشل E کی قیمت یکساں قائم رہے - پلاٹینم کے تار میں برقی رو کے گزرنے سے اس میں حرارت پیدا ہو گی اور یہ حرارت ٹھوس سلنڈر میں بھی جذب ہوتی جائے گی ، جس کے باعث ٹھوس سلنڈر اور تار کا مشترکہ ٹمپریچر جو پہلے θ_1 تھا ، وقت t کے بعد بڑھ کر θ_2 ہو جائے گا اور ٹمپریچر کی یہ زیادتی θ ہو گی جو $\theta_2 - \theta_1$ کے برابر ہے - ایم میٹر پر ابتدا میں یعنی جب تار کا ٹمپریچر θ_1 ہو تو برقی رو کی قیمت I_1 معلوم کرو اور بعد میں جب تار کا ٹمپریچر θ_2 ہو جائے تو یہ برقی رو I_2 دوبارہ معلوم کرو - اگر تار کی مزاحمت نہ بدلتی تو چونکہ E کی قیمت t وقت کے دوران میں یکساں رہی ہے اس لیے برقی رو کی قیمت بھی ایک ہی رہتی - لیکن تار کے ٹمپریچر کے زیادہ ہونے سے اس کی مزاحمت بڑھ جاتی ہے اس لیے ابتدا میں اگر یہ مزاحمت R_1 ہوتی تو آخر میں ذرا بڑھ کر R_2 ہو جاتی ، جب کہ اوہم کے قانون (Ohm's law) کے مطابق



$$R_1 = \frac{E}{I_1}$$

$$R_2 = \frac{E}{I_2}$$

بس E اور I_1 اور I_2 کی پیمائش کر لینے سے R_1 اور R_2 کی قیمتیں معلوم ہو سکتی ہیں اور اگر تار کے ٹمپریچر کے بڑھنے سے اس کی مزاحمت کی زیادتی کا چارٹ ایک علیحدہ تجربے سے بنا لیا جائے تو اس چارٹ پر R_1 اور R_2 کی قیمتوں کی مدد سے ٹمپریچر کی زیادتی θ کا علم ہو سکتا ہے ۔ تب اگر ٹھوس جسم یعنی سلنڈر کی کمیت m ہو اور اس کی مطلوبہ حرارت مخصوصہ S ہو تو جسم کی حاصل کردہ حرارت (کلوریوں میں)

$$=mS\theta$$

چونکہ تجربے کے دوران میں برق رو I_1 اور I_2 کے درمیان رہتی ہے اس لیے اگر اوسط برق رو کو I لیا جائے تو

$$I=\frac{I_1+I_2}{2}$$

اس سے I کی قیمت معلوم ہو سکتی ہے ۔ اب جاؤل کے قانون (Joule's law) کے مطابق برق عمل سے پیدا شدہ حرارت جو جسم نے تار سے حاصل کی ہے

$$=\frac{EIt}{J}$$

جب کہ J حرارت کا کار مساوی (Mechanical equivalent) ہو ، چونکہ مذکورہ تصریح کے مطابق جسم کی یہ حاصل کردہ حرارت $mS\theta$ ہے

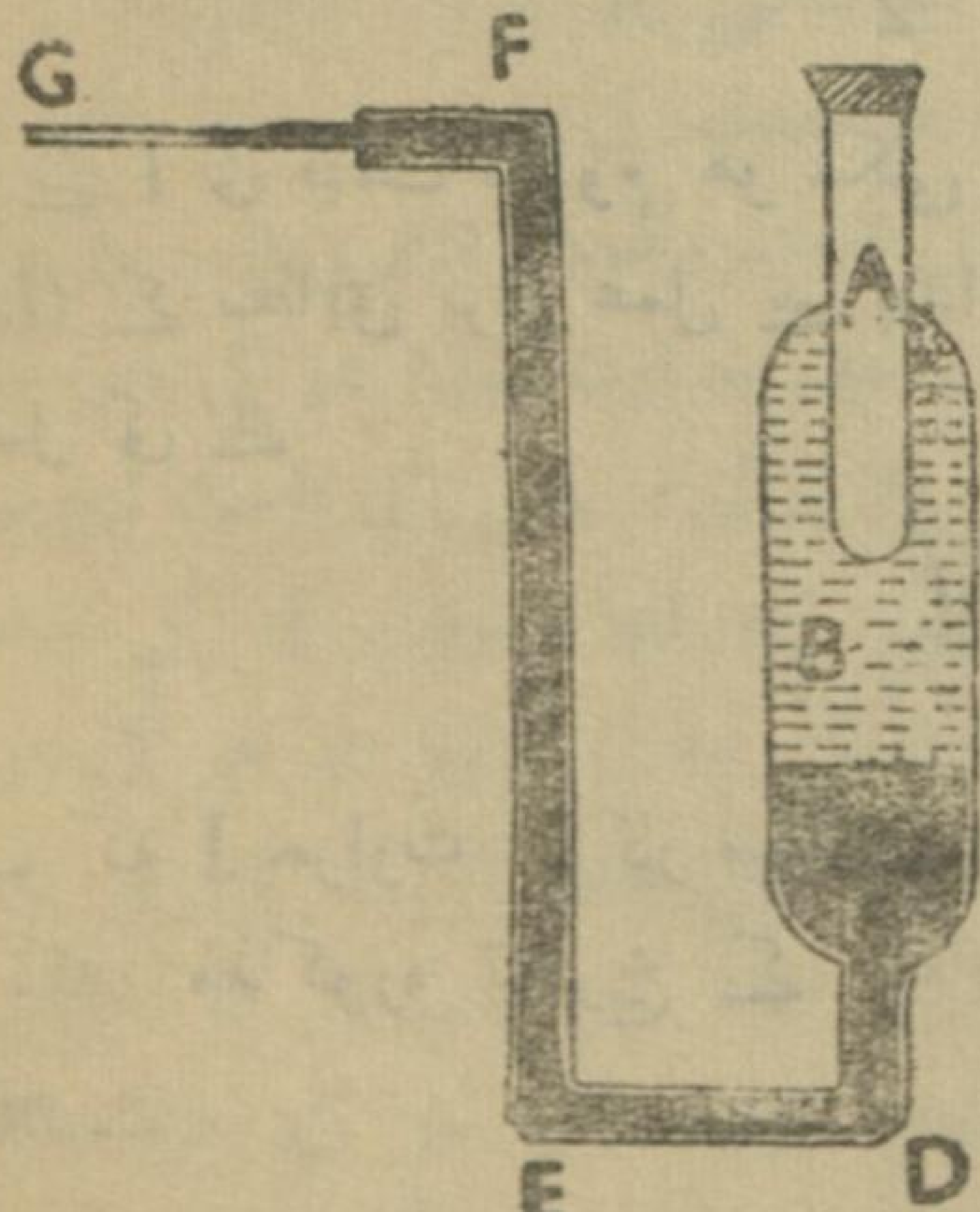
$$\therefore \quad mS\theta=\frac{EIt}{J}$$

$$S=\frac{EIt}{m\theta J} \quad \text{یا}$$

اس طرح J اور m کی قیمتیں معلوم ہونے اور E ، I ، t اور θ کی قیمتیں تجربے سے دریافت کر لینے کے بعد حرارت مخصوصہ S کی قیمت معلوم کی جا سکتی ہے ۔

نرنسٹ (Nernst) نے اس طریقے کو استعمال کر کے ٹھوس اشیا کی حرارت مخصوصہ کی قیمتیں عام ٹمپریچروں کے علاوہ نہایت نیچے ٹمپریچروں پر بھی معلوم کی تھیں ، اور اس طرح ثابت کیا تھا کہ مطلق صفر کے قریب جا کر مختلف اشیا کی حرارت مخصوصہ کی قیمت تیزی سے گھٹتی جاتی ہے ۔ اس کی تفصیل آگے آئے گی ۔

بنسن کے برفانی کلوری میٹر سے کسی ٹھوس شے کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنا ۔ بنسن کا برفانی کلوری میٹر (Bunsen's ice calorimeter) اس اصول پر مبنی ہے کہ جب کسی گرم کردہ ٹھوس شے کو برف کے ساتھ ملنے دیا جاتا ہے تو اس کی خارج کردہ حرارت سے برف کی ایک خاص مقدار پگھل جاتی ہے اور اس برف کے پگھلنے سے حجم میں ایک خاص تبدیلی پیدا ہو جاتی ہے ۔ اس آلے میں ایک امتحانی نلی A شیشے کے ایک چوڑے بلب B کے اندر فیوز (Fuse) کی ہوتی ہے اور ایک خم دار نلی CDEFG اس بلب کے ساتھ لگی ہوتی ہے جیسا کہ وہ شکل میں دکھائی گئی ہے ۔ اس خم دار نلی کا حصہ ED زمین کے متوازی ہوتا ہے ۔ حصہ EF اس پر عموداً ہے اور حصہ FG دوبارہ زمین کے متوازی یعنی آفقی ہے ۔ اس آفقی حصےFG پر حجم کے درجے لگے ہوتے ہیں ۔ بلب B کے نیچے کے حصے میں اور خم دار نلی کے CDEF حصے میں تمام کا تمام اور FG حصےمیں جزواً پارہ بھرا ہوتا ہے ۔ بلب B کے باقی حصے میں کشید کردہ پانی ڈالا ہوتا ہے جس میں امتحانی نلی A ڈوبی رہتی ہے ۔ یہ پانی بلب کے نیچے کے حصے کے پارے کو دبائے رکھتا ہے جس کے باعث پارے کی لکیر آفقی نلی FG میں ایک خاص



درجے تک نظر آتی ھے - اس کلوری میٹر سے کام لینے کے لیے امتحانی نلی میں کوئی تبخیر انگیز شے مثلاً ایتھر کو ڈال کر اسے تبخیر ہونے دیا جاتا ھے - ایسا کرنے سے وہ بلب B کے پانی سے حرارت جذب کرتی جاتی اور اسے ٹھنڈا کرتی جاتی ھے ، یہاں تک کہ اس پانی کا کچھ حصہ برف میں منتقل ھو جاتا ھے اور برف کے چھوٹے چھوٹے ٹکڑے بلب B کے اندر امتحانی نلی کے ساتھ لگے ہوئے نظر آنے لگتے ھیں - اس وقت FG نلی میں پارے کی لکیر کے سرے کے مقابل کا درجہ پڑھ لیا جاتا ھے - اب جس جسم کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنا مطلوب ھو اسے وزن کرکے پہلے اس کی کمیت m نکالی جاتی ھے اور پھر اسے ایک خاص ٹمپریچر t تک گرم کرکے امتحانی نلی A میں ڈال دیا جاتا ھے - یہ جسم اپنی حرارت برف کو دیتا ھے جس پر کچھ برف پگھل کر مائع بن جاتی ھے اور جسم ٹھنڈا ھو کر t سے $0°C$ کا ٹمپریچر اختیار کرتا ھے - برف کے پگھلنے سے اس کا حجم کم ھوتا ھے جس کے باعث افقی نلی FG میں پارے کی لکیر x درجے تک پیچھے ھٹتی ھے -

اگر جسم کی حرارت مخصوصہ S ھو تو جسم کی خارج کردہ حرارت

$$=m\,S\,t$$

یہ حرارت برف کی حاصل کردہ حرارت کے برابر ھوتی ھے جس کی پیمائش دو طریقوں سے کی جا سکتی ھے :

پہلا طریقہ - اگر افقی نلی پر درجے مکعب سنٹی میٹروں میں لگے ھوں تو اس سے عیاں ھے کہ برف کے پگھلنے سے حجم کی کمی بقدر x مکعب سنٹی میٹر واقع ھوئی ھے - اب یہ بات تجربے سے ثابت ھے کہ جب ایک مکعب سنٹی میٹر برف پگھلتی ھے تو ‎·087‎ مکعب سنٹی میٹر کے برابر حجم کی کمی واقع ھوتی ھے - اس سے ظاھر ھے کہ اگر حجم کی کمی x مکعب سنٹی میٹر ھو تو جتنی برف پگھلتی ھے اس کی کمیت گراموں میں $\frac{x}{\cdot 087}$ ھوتی ھے - پھر چونکہ برف کی مخفی حرارت 80 کلوری ھے اس لیے پگھلنے والی برف کی حاصل کردہ حرارت

$$= \frac{x}{\cdot 087} \times 80 = \frac{80\,x}{\cdot 087}$$

$\because$ حاصل کردہ حرارت = خارج کردہ حرارت

$$\therefore \quad m\,S\,\theta = \frac{80\,x}{\cdot 087}$$

یا

$$S = \frac{80\,x}{\cdot 087\,m\,\theta}$$

دوسرا طریقہ .. اس طریقے میں آفقی نلی FG کا محض درجہ دار ہونا ضروری ہے - یہ ضروری نہیں ہے کہ یہ درجے مکعب سنٹی میٹروں ہی کے ہوں - اوپر کے تجربے سے جب x درجوں کی پیمائش ہو چکتی ہے تو جسم کو باہر نکال دیا جاتا ہے اور نلی A میں m_1 گرام گرم پانی جس کا ٹمپریچر t_1 ہو ، ڈال کر اوپر کے تجربے کو دھرایا جاتا ہے - یہ پانی اپنی حرارت برف کو دیتا ہے جس سے برف کا کچھ حصہ پگھلتا ہے اور اس کے پگھلنے سے آفقی نلی FG میں پارہ y درجوں تک پیچھے ہٹتا ہے - اب اگر q حرارت کی وہ مقدار ہو جس کو برف میں جذب ہونے سے پارے کا کالم نلی FG میں بقدر ایک درجے کے پیچھے ہٹتا ہو تو پہلی صورت میں برف کے اندر جذب شدہ حرارت

$$= xq$$

چونکہ یہ حرارت جسم کی خارج کردہ حرارت mSt کے برابر ہے ، اس لیے

$$mSt = xq \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; (i)$$

دوسری صورت میں برف کے اندر جذب شدہ حرارت

$$= yq$$

چونکہ یہ حرارت پانی کی خارج کردہ حرارت $m_1\,t_1$ کے برابر ہے ، اس لیے

$$m_1\,t_1 = yq \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; (ii)$$

مساوات (i) کو (ii) پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{mSt}{m_1 t_1} = \frac{xq}{yq} = \frac{x}{y}$$

یا $$\frac{mSt}{m_1t_1} = \frac{x}{y}$$

$$\therefore \quad S = \frac{xm_1t_1}{ymt}$$

اس مساوات میں m ، m_1 ، t اور t_1 کی قیمتیں براہ راست پیمائش سے اور x اور y کی قیمتیں تجربے سے دریافت کر لی جاتی ھیں جس کے بعد S کی مطلوبہ قیمت معلوم ھو جاتی ھے۔

نوٹ ۔ بنسن کلوری میٹر کو مذکورہ بالا تجربے کے دوران میں پورا وقت پگھلتی ھوئی برف میں جس کا ٹمپریچر 0°C ھوتا ھے، رکھا جاتا ھے۔

فوائد ۔ بنسن کے اس برفانی کلوری میٹر کے فوائد حسب ذیل ھیں :

۱۔ چونکہ برفانی کلوری میٹر کو تجربے کے دوران میں برف کے اندر گاڑ کر رکھا جاتا ھے اس لیے اشعاعی غلطی (Radiation error) کا امکان باقی نہیں رھتا۔

۲۔ اس تجربے میں حرارت کی مقدار کو 0.01 کلوری یعنی کلوری کے سوویں حصے تک آسانی کے ساتھ صحیح صحیح ناپا جا سکتا ھے۔

۳۔ اس طریقے سے ایسی کم یاب دھاتوں اور دیگر چیزوں کی حرارت مخصوصہ بہ آسانی معلوم کی جا سکتی ھے جو بہت قلیل مقدار میں دست یاب ھو سکتی ھیں۔

نوٹ ۔ اس کلوری میٹر سے صحیح صحیح نتائج حاصل کرنے کے لیے یہ نہایت ضرری ھے کہ اس کے اندر جو پانی استعمال کیا جائے وہ بالکل خالص ھو اور اس کے اندر کوئی خفیف سا مادہ بھی گھلا ھوا موجود نہ ھو۔

دولاں اور پیتی کا قانون ۔ 1819ء میں فرانس کے دو مشہور سائنس دانوں دولاں (Dulong) اور پیتی (Petit) نے مختلف عناصر کی حرارت مخصوصہ کی چھان بین کرنے کے بعد ذیل کا قانون معلوم کیا جو آن

کے نام پر دولاں اور پیتی کا قانون (Dulong and Petit's law) کہلاتا ہے۔

تمام عناصر کے لیےجو ٹھوس حالت میں ہوں ، ایٹمی وزن اور حرارت مخصوصہ کا حاصل ضرب مستقل رہتا ہے۔ چونکہ کسی عنصر کے ایٹمی وزن (Atomic weight) اور اس کی حرارت مخصوصہ کے حاصل ضرب کو ایٹمی حرارت (Atomic heat) کا نام دیا گیا ہے اس لیے اس قانون کو یوں بھی بیان کیا جا سکتا ہے :

ٹھوس حالت میں تمام عناصر کی ایٹمی حرارت کی قیمت ایک ہی ہوتی ہے۔

چونکہ کسی شے کی حرارتی گنجائش اس شے کی کمیت یا وزن اور اس کی حرارت مخصوصہ کی حاصل ضرب کے برابر ہوتی ہے اور ایٹمی حرارت بھی ایٹمی وزن اور حرارت مخصوصہ کا حاصل ضرب ہے ، اس لیے ہم کسی عنصر کی ایٹمی حرارت کو اس عنصر کے ایٹم کی حرارتی گنجائش کی قائم مقام قرار دے سکتے ہیں۔ اور چونکہ اوپر کی تصریح کے مطابق تمام عناصر کے لیے ایٹمی حرارت کی قیمت ایک ہی ہوتی ہے ، اس سے نتیجہ نکلتا ہے کہ **مختلف عناصر کے ایٹم یکساں حرارتی گنجائش رکھتے ہیں۔**

فرانس ہی کے مشہور سائنس دان رینو (Regnault) نے بہت سے عناصر کی جو ٹھوس حالت میں پائے جاتے ہیں ، عام ٹمپریچر پر جو ان کے پگھلاؤ کے نقطے سے بہت نیچا ہوتا ہے ، حرارت مخصوصہ کی قیمتیں معلوم کیں۔ ان عناصر کے ایٹمی وزن کیمیا دان پہلے ہی معلوم کر چکے تھے۔ اس لیے ہر عنصر کی ایٹمی حرارت جوایٹمی وزن اور حرارت مخصوصہ کا حاصل ضرب ہوتی ہے ، معلوم کر لی گئی اور اس کی بنا پر نقشہ (صفحہ 179) مرتب کر لیا گیا جس کے پہلے خانے میں عنصر کا نام ، دوسرے خانے میں اس کا ایٹمی وزن ، تیسرے خانے میں اس کی حرارت مخصوصہ اور چوتھے خانے میں اس کی ایٹمی حرارت درج ہے۔ اس نقشے کے مطالعے سے معلوم ہوتا ہے کہ عناصر کے ایٹمی وزن جوں جوں

عنصر	ایٹمی وزن	حرارت مخصوصه	ایٹمی حرارت
لیتھیم	7·0	0·9408	6·59
سوڈیم	23·0	0·2934	6·75
میگنیشیم	24·3	0·2470	6·0
الومینیم	27·0	0·2143	6·79
فاسفورس	31·0	0·2120	6·57
گندهک	32·0	0·2026	6·48
پوٹاشیم	39·0	0·1660	6·48
کیلسیم	40·1	0·1489	5·98
لوها	55·8	0·1138	6·35
نکل	58·7	0·1080	6·40
تانبا	63·6	0·0952	6·05
جست	65·4	0·0956	6·28
چاندی	107·9	0·0570	6·16
کیڈمیم	112·4	0·0557	6·26
قلعی	118·0	0·0548	6·46
پلاٹینم	195·2	0·0324	6·30
سونا	197·2	0·0324	6·35
پاره	200·6	0·0319	6·38
سیسه	207·2	0·0314	6·51

بڑھتے جاتے ھیں ان کی حرارت مخصوصہ قریباً اسی نسبت سے گھٹتی جاتی ھے جس کے باعث ایٹمی وزن اور حرارت مخصوصہ کے حاصل ضرب کی قیمت جو ایٹمی حرارت کہلاتی ھے ، حیرت انگیز طور پر یکساں رھتی ھے ۔ مثال کے طور پر لیتھیم کا ایٹمی وزن 7·0 ھے اور لوھے کا ایٹمی وزن اس سے قریباً آٹھ گنا یعنی 55·8 ھے ۔ آدھر لیتھیم کی حرارت مخصوصہ 0·9408 ھے اور لوھے کی حرارت مخصوصہ آس سے قریباً $\frac{1}{8}$ گنا یعنی 0·1138 ھے ، یعنی لوھے کا ایٹمی وزن لیتھیم کے ایٹمی وزن سے جتنے گنا زیادہ ھے ، لوھے کی حرارت مخصوصہ لیتھیم کی حرارت مخصوصہ سے آتنے ھی گنا کم ھے ۔

ایک دوسری مثال لیجیے ۔ پوٹاشیم کا ایٹمی وزن 39·0 ھے اور پلاٹینم کا ایٹمی وزن اس کا پانچ گنا یعنی 195·2 ھے ۔ آدھر پوٹاشیم کی حرارت مخصوصہ 0·1660 ھے اور پلاٹینم کی حرارت مخصوصہ اس سے قریباً $\frac{1}{5}$ گنا یعنی 0·0324 ھے ۔ اس سے ظاھر ھے کہ پلاٹینم کا ایٹمی وزن پوٹاشیم کے ایٹمی وزن سے جتنے گنا زیادہ ھے ، پلاٹینم کی حرارت مخصوصہ پوٹاشیم کی حرارت مخصوصہ سے قریباً آتنے گنا کم ھے ۔

ایک تیسری مثال لیجیے ۔ جست یعنی زنک کا ایٹمی وزن 65·4 ھے اور سونے کا ایٹمی وزن اس سے تین گنا یعنی 197·3 ھے ۔ آدھر جست کی حرارت مخصوصہ 0·0570 ھے اور سونے کی حرارت مخصوصہ اس کا قریباً $\frac{1}{3}$ گنا یعنی 0·0324 ھے ۔ اس سے ثابت ھوتا ھے کہ سونے کا ایٹمی وزن جست کے ایٹمی وزن سے جتنے گنا زیادہ ھے ، سونے کی حرارت مخصوصہ جست کی حرارت مخصوصہ سے آتنے ھی گنا کم ھے ۔ یہی صورت دیگر عناصر پر بھی صادق آتی ھے جس کے باعث آن سب کے لیے ایٹمی وزن اور حرارت مخصوصہ کے حاصل ضرب کی قیمت ، یعنی دوسرے لفظوں میں اس کی ایٹمی حرارت کی قیمت یکساں رھتی ھے ۔ اس سے دولاں اور پیٹی کے قانون کی تصدیق ھو جاتی ھے ۔ رینو (Regnault) کی تحقیق کے مطابق ایٹمی حرارت کی یہ قیمت تمام عناصر کے لیے 6 کے لگ بھگ ھوتی ھے جیسا کہ مذکورہ بالا نقشے سے ظاھر ھے ۔

مادے کے حرکتی نظریے (Kinetic theory of matter) کے مطابق نظری طور پر بھی جب مختلف عناصر کی ایٹمی حرارت کی قیمت دریافت کی جائے تو وہ بھی 6 ھی کے لگ بھگ نکلتی ھے جس سے دولاں اور پیتی کا قانون نہ صرف تجربے کے ذریعے بلکہ نظری (Theoretical) طریقے سے بھی ثابت ھو جاتا ھے۔

تین استثنائی صورتیں۔ عناصر کی ایٹمی حرارت کی تجرباتی تحقیقات کے دوران میں تین عناصر، بورون (Boron)، کاربن اور سلیکان (Silicon) ایسے آتے ھیں جن پر دولاں اور پیتی کا قانون راست نہیں آتا کیونکہ ان کی حرارت مخصوصہ کی قیمتیں اُس سے کم ھیں جو اس قانون کی مطابقت میں ھونی چاھئیں جس کا نتیجہ یہ ھے کہ اُن کے لیے ایٹمی حرارت 6 کے لگ بھگ نہیں رھتی، بلکہ 6 سے بہت کم ھو جاتی ھے۔ یہ حقیقت ان تین عناصر کا لیتھیم کے ساتھ مقابلے کرنے سے واضح ھو سکتی ھے۔ مثلاً لیتھیم کا ایٹمی وزن 7.0 ھے اور بورون کا 11.0 ھے جو لیتھیم کے ایٹمی وزن سے $\frac{11}{7}$ گنا زیادہ ھے۔ لیتھیم کی حرارت مخصوصہ 0.9408 ھے اور قانون کے مطابق بورون کی حرارت مخصوصہ 0.9408 کا $\frac{7}{11}$ حصہ یعنی 0.5987 یا اس کے لگ بھگ ھونی چاھیے، لیکن بورون کی حرارت مخصوصہ جو عام ٹمپریچر پر 0.2500 نکلتی ھے، اس سے بہت کم ھے۔ اس کا نتیجہ یہ ھے کہ بورون کی ایٹمی حرارت 6 کی بجائے محض 2.75 رہ جاتی ھے۔

کاربن کا ایٹمی وزن 12.0 ھے جو لیتھیم کے ایٹمی وزن سے $\frac{12}{7}$ گنا ھے، اس لیے قانون کے مطابق کاربن کی حرارت مخصوصہ لیتھیم کی حرارت مخصوصہ 0.9408 کا $\frac{7}{12}$ یعنی 0.5404 یا اس کے لگ بھگ ھونی چاھیے، مگر کاربن کی حرارت مخصوصہ، جو عام ٹمپریچر پر تجربے سے 0.1470 نکلتی ھے، اس قیمت سے بہت کم ھے جس کا نتیجہ یہ ھے کہ کاربن کی ایٹمی حرارت 6 سے کم ھو کر محض 1.67 رہ جاتی ھے۔

سلیکان کا ایٹمی وزن 28.3 ھے جو لیتھیم کے ایٹمی وزن سے چار گنا ھے۔ اس لیے اصولاً سلیکان کی حرارت مخصوصہ لیتھیم کی حرارت مخصوصہ 0.9408 کا $\frac{1}{4}$ یعنی 0.2352 ھونی چاھیے، مگر سلیکان کی

حرارت مخصوصہ ، جو عام تجربے پر 0·1760 نکلتی ہے ، اس سے بہت کم ہے - اس کا نتیجہ یہ ہے کہ سلیکان کی ایٹمی حرارت 6 سے کم ہو کر 4·98 رہ جاتی ہے -

اب سوال پیدا ہوتا ہے کہ جب دیگر عناصر کے لیے ایٹمی حرارت کی قیمت 6 کے لگ بھگ ہی ہے تو ان تین عناصر یعنی بورون ، کاربن اور سلیکان کے لیے وہ 6 سے کافی کم کیوں ہو جاتی ہے ؟ اس کا جواب ہمیں اس وقت مل جاتا ہے جب ہم ٹمپریچر کے ساتھ حرارت مخصوصہ کی قیمت میں تبدیلی کی چھان بین کرتے ہیں -

ٹمپریچر کے ساتھ حرارت مخصوصہ کی قیمت میں تبدیلی - ٹھوس اشیا کی حرارت مخصوصہ بالعموم ٹمپریچر کی زیادتی کے ساتھ بڑھتی ہے - البتہ ایسے ٹمپریچروں پر ، جو کسی شے کے پگھلاؤ کے نقطے سے بہت نیچے ہوں ، یہ زیادتی بہت کم ہوتی ہے - بعض دھاتوں مثلاً سیسہ ، قلعی اور پلاٹینم کی حرارت مخصوصہ ٹمپریچر کے بڑھنے پر بہت کم بڑھتی ہے - البتہ کاربن ، بورون اور سلیکان ایسے عناصر ہیں جن کی حرارت مخصوصہ ٹمپریچر کے بڑھنے کے ساتھ بہت زیادہ شرح سے بڑھتی ہے - مثال کے طور پر اگر کاربن کو ہیرے کی صورت میں لیا جائے تو اس کی حرارت مخصوصہ کی جو قیمت 0°C پر ہوتی ہے ، 200°C پر یہ قیمت اس سے تین گنا زیادہ ہو جاتی ہے - اس کے بعد ٹمپریچر کی زیادتی سے اس کی حرارت مخصوصہ کی قیمت بڑھتی تو ہے مگر اس کے بڑھنے کی شرح کم ہو جاتی ہے - چنانچہ اس کی حرارت مخصوصہ کی جو قیمت 300°C پر ہوتی ہے 400°C پر یہ قیمت اس کا قریباً 1·3 گنا ہو جاتی ہے - 980°C پر پہنچ کر اس کی حرارت مخصوصہ کی قیمت ، جو عام ٹمپریچر پر 0·1470 ہوتی ہے ، بڑھتے بڑھتے 0·54 کے لگ بھگ ہو جاتی ہے اور چونکہ کاربن کا ایٹمی وزن 12 ہے اس لیے اس ٹمپریچر پر اس کی ایٹمی حرارت ، جو ان کے دونوں کے حاصل ضرب یعنی $0{\cdot}54 \times 12$ کے برابر ہوتی ہے ، 6 کے لگ بھگ ہو جاتی ہے ، حالانکہ عام ٹمپریچر پر اس ایٹمی حرارت کی قیمت محض 1·76 ہوتی ہے - اس کا

مطلب یہ ہے کہ اگرچہ عام ٹمپریچر پر کاربن دولاں اور پیٹی کے قانون کی پیروی نہیں کرتی ، لیکن 980°C کے لگ بھگ پہنچ کر یہ قانون اس پر صادق آ جاتا ہے - یہی حال بورون اور سلیکان کا ہے کہ وہ بھی اگرچہ عام ٹمپریچر پر دولاں اور پیٹی کے قانون کی پیروی نہیں کرتے مگر بعض اونچے ٹمپریچروں پر پہنچ کر ان کی حرارت مخصوصہ کی قیمتیں بھی اتنی بڑھ جاتی ہیں کہ ان کی ایٹمی حرارت 6 کے لگ بھگ ہو جاتی ہے جو اس قانون کے مطابق ہونی چاہیے -

حقیقت یہ ہے کہ **دولاں اور پیٹی کا قانون ایک مکمل قانون نہیں ہے** کیونکہ اس میں ٹمپریچر کے ساتھ حرارت مخصوصہ کی تبدیلی کا کچھ لحاظ نہیں رکھا جاتا - چنانچہ اسی وجہ سے تین عناصر یعنی بورون ، کاربن اور سلیکان تو عام ٹمپریچر پر اس قانون کی مطابقت سے صاف انحراف کرتے ہیں مگر باقی عناصر کی صورت میں بھی ان کی ایٹمی حرارت قریباً قریباً برابر ہوتی ہے ، مگر عین برابر نہیں ہوتی جس سے ظاہر ہے کہ یہ قانون اپنی موجودہ صورت میں محض ایک **تخمینی** (Approximate) **قانون** ہے -

دولاں اور پیٹی کا قانون اور ٹمپریچر - جہاں تک دولاں اور پیٹی کے قانون اور ٹمپریچر کا تعلق ہے ہر عنصر ایک خاص ٹمپریچر کے اوپر ہی اس قانون کی پیروی کرتا ہے - مگر جب اس کا ٹمپریچر اس خاص ٹمپریچر سے بہت نیچے ہو تو وہ اس قانون سے صاف انحراف کرنے لگ جاتا ہے - بورون ، کاربن اور سلیکان ایسے عناصر ہیں جو بہت اونچے ٹمپریچروں پر اس قانون کی پیروی کرتے ہیں ، اس لیے عام ٹمپریچر پر اُن کا اس قانون سے انحراف نمایاں ہو جاتا ہے - دیگر عناصر عام ٹمپریچر پر اس قانون کی پیروی کرتے ہیں لیکن جب اُن کا ٹمپریچر بہت نیچے گر جاتا ہے تو پھر اس قانون سے اُن کا انحراف بھی شروع ہو جاتا ہے - چنانچہ بہت نیچے ٹمپریچروں پر اُن کی ایٹمی حرارت 6 سے کافی نیچے ہو جاتی ہے اور ٹمپریچر کے نیچے گرنے پر برابر گرتی جاتی ہے ، یہاں تک کہ مطلق صفر (Absolute zero) کے قریب پہنچ کر اس کی قیمت اتنی خفیف رہ جاتی ہے کہ اسے نہ ہونے کے برابر خیال کیا جا سکتا ہے - اس امر کا ثبوت ایک مثال سے دیا جاتا ہے -

چاندی کا ایٹمی وزن 107.9 ھے - عام ٹمپریچر پر اس کی حرارت مخصوصہ 0.057 ھوتی ھے اور اسی کی ایٹمی حرارت جو 107.9 اور 0.057 کے حاصل ضرب کے برابر ھے ، 6.16 نکلتی ھے - یہ دولاں اور پیتی کے قانون کے مطابق ھے - مگر جب ٹمپریچر گرتا ھے تو اس کی حرارت مخصوصہ بھی گرتی ھے اور اس لحاظ سے اس کی ایٹمی حرارت کم ھوتی جاتی ھے - یہ بات مندرجہ ذیل نقشے سے ظاھر ھے - اس کے پہلے خانے میں ٹمپریچر مطلق پیمانے (°K) میں اور دوسرے خانے میں ٹمپریچر سنٹی گریڈ پیمانے (°C) میں درج ھے - تیسرے خانے میں چاندی کی حرارت مخصوصہ اور چوتھے خانے میں اس کی ایٹمی حرارت دی گئی ھے -

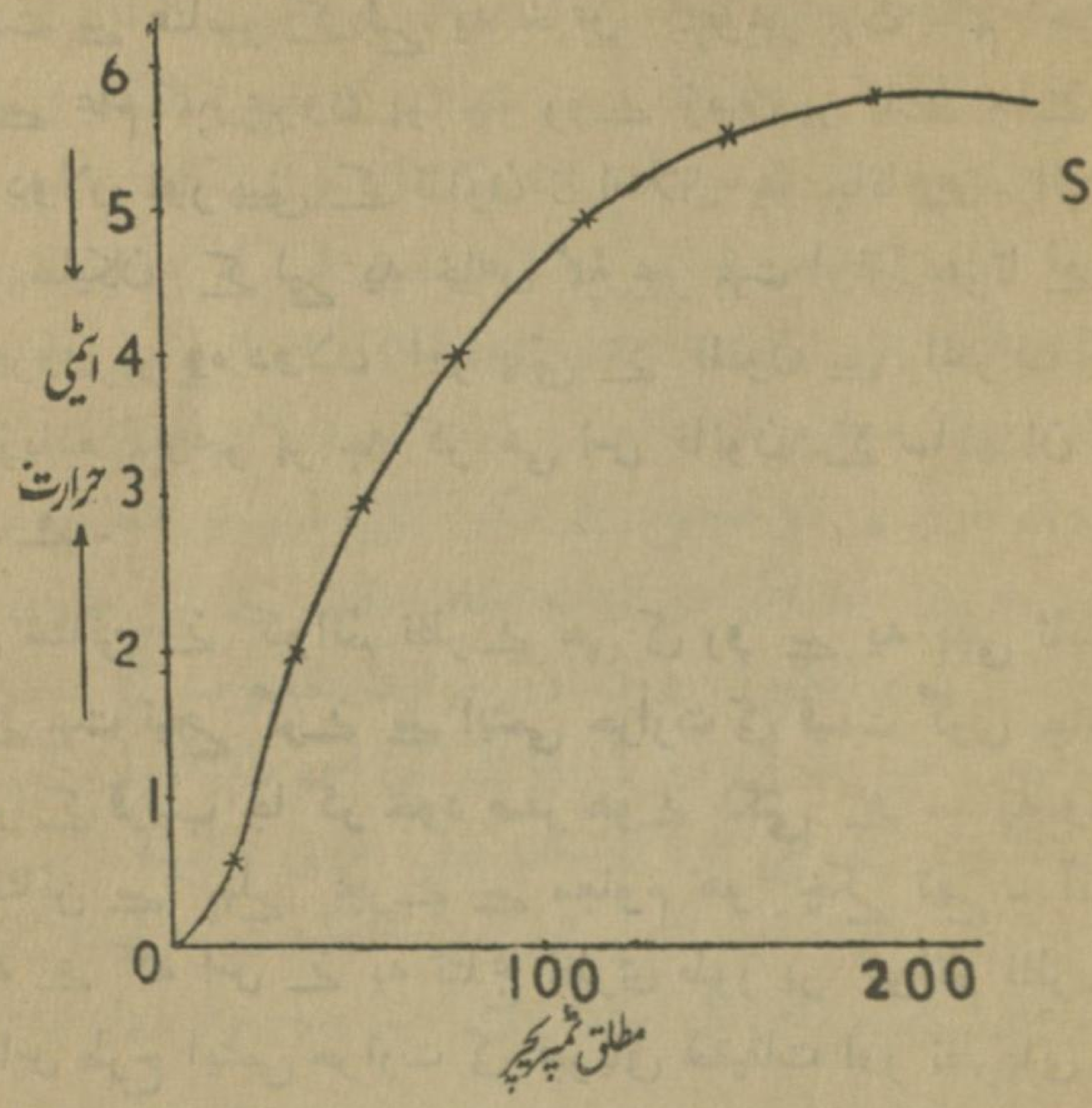
چاندی کی حرارت مخصوصہ کا نقشہ

نوٹ : چاندی کا ایٹمی وزن 107.9 ھے -

ٹمپریچر (K°)	ٹمپریچر (C°)	حرارت مخصوصہ	ایٹمی حرارت
235	—38	0.0519	5.605
144	—129	0.0498	5.373
103	—170	0.0445	4.797
75	—198	0.0347	4.039
56	—217	0.0295	3.186
36	—237	0.0157	1.694
20	—253	0.0037	0.3995
10	—263	0.00044	0.0475
5	—268	0.000047	0.0051
1.35	—271.65	0.00000235	0.000254

نیچے ٹمپریچروں پر چاندی کی ایٹمی حرارت کے جو کوائف اوپر دیے گئے ھیں انھیں جب گراف کی صورت میں ظاھر کیا جائے تو ذیل کی شکل کا گراف حاصل ھوتا ھے - اس گراف کے کھینچنے کے لیے مطلق ٹمپریچر (°K) کو X— محور کے ساتھ ساتھ اور ایٹمی حرارت کو Y— محور کے ساتھ ساتھ لیا گیا ھے -

اس گراف سے ظاہر ہوتا ہے کہ اُونچے ٹمپریچر پر ایٹمی حرارت کی قیمت 6 کے لگ بھگ جا کر مستقل ہوتی ہے اور نیچے ٹمپریچر پر یہ



گھٹتی جاتی ہے یہاں تک کہ مطلق صفر (0°K) کے قریب پہنچ کر یہ قریباً معدوم ہو جاتی ہے ۔ جہاں تک نیچے ٹمپریچروں پر اس کی قیمت کے گھٹنے کا تعلق ہے یہ قیمت پہلے تو آہستہ آہستہ کم ہوتی ہے مگر ایک خاص ٹمپریچر کے نیچے جا کر یہ تیزی سے گھٹنے لگ جاتی ہے ۔ یہ خاص ٹمپریچر ہر عنصر کے لیے مختلف ہوتا ہے ۔

مشہور جرمن سائنس دان آئن سٹائن (Einstein) نے 1906ء میں (جب اس کی عمر صرف 26 سال کی تھی) ٹھوس عناصر کی ایٹمی حرارت پر کوانٹم نظریے (Quantum theory) کا اطلاق کرکے ثابت کیا کہ اس نظریے کے مطابق ایٹمی حرارت کو ٹمپریچر کے ساتھ بڑھنا چاہیے یہاں تک کہ ایک خاص اونچے ٹمپریچر پر جا کر وہ ایک مستقل قیمت کو جو 6 کے لگ بھگ ہوتی ہے ، پہنچ جائے ۔ اس ٹمپریچر کے اوپر دولاں اور پیٹی کا قانون اس پر راست آنے لگ جاتا ہے ۔ اس لحاظ

سے یہ قانون کوئی ہمہ گیر قانون نہیں ہے بلکہ ایک محدود قانون ہے جو ایک خاص ٹمپریچر سے اوپر جا کر ہی درست رہتا ہے - البتہ یہ صحیح ہے کہ بہت سے عناصر کے لیے یہ خاص ٹمپریچر بہت کم ہوتا ہے اور اس وجہ سے عام ٹمپریچروں پر جو روے زمین پر پائے جاتے ہیں ، ان عناصر پر دولاں اور پیتی کے قانون کا اطلاق ہو جاتا ہے - البتہ بورون ، کاربن اور سلیکان کے لیے یہ خاص ٹمپریچر بہت اونچا ہوتا ہے ، اس لیے عام ٹمپریچروں پر وہ دولاں اور پیتی کے قانون سے انحراف کرتے ہیں اور بہت زیادہ ٹمپریچر پر جا کر ہی اس قانون کے ساتھ ان کی مطابقت قائم ہوتی ہے -

آئن سٹائن نے کوانٹم نظریے ہی کی رو سے یہ بھی ثابت کیا کہ ٹمپریچر کے بہت نیچے گرنے سے ایٹمی حرارت کی قیمت گرتی جاتی ہے اور مطلق صفر کے قریب جا کر خود صفر ہونے لگتی ہے - یہ وہ نتائج تھے جو آئن سٹائن سے پہلے تجربے سے معلوم ہو چکے تھے - آئن سٹائن کا کارنامہ یہ ہے کہ اس نے یہ نتائج نظری طور پر کوانٹم نظریے سے اخذ کیے اور اس طرح ایٹمی حرارت کی تجرباتی تحقیقات اور نظریاتی تحقیقات کے درمیان مطابقت قائم کر دی - کوانٹم کا نظریہ جس کو آئن سٹائن نے اپنی تحقیقات کی بنا ٹھہرائی اس کے ایک ہم وطن (جرمن) سائنس دان پلانک (Planck) کی اختراع ہے اور اس کا شمار طبیعیات کے بنیادی نظریوں میں ہوتا ہے -

کیمیائی مرکبات پر دولاں اور پیتی کے قانون کا اطلاق - کسی کیمیائی مرکب کا ایک مالیکیول متعدد اور مختلف ایٹموں سے مل کر بنا ہوتا ہے جن کا مجموعی ایٹمی وزن اس مرکب کا مالیکیولی وزن (Molecular weight) کہلاتا ہے - جس طرح کسی عنصر کے ایٹمی وزن کو اس کی حرارت مخصوصہ کے ساتھ ضرب دینے سے جو حاصل ضرب نکلتا ہے ، اسے اس عنصر کی ایٹمی حرارت کہا جاتا ہے اسی طرح کسی مرکب کے مالیکیولی وزن اور اس کی حرارت مخصوصہ کے حاصل ضرب کو اس عنصر کی مالیکیولی حرارت (Molecular heat) کا نام دیا گیا ہے - عنصروں کے متعلق دولاں اور پیتی کا قانون یہ ہے کہ

تمام عنصروں کے لیے ایٹمی وزن اور حرارت مخصوصہ کا حاصل ضرب جسے ایٹمی حرارت کہتے ہیں ، قیمت میں برابر ہوتا ہے ۔ اس سے بظاہر یہ نتیجہ نکلتا ہے کہ اگر دولاں اور پیتی کا قانون مرکبات پر بھی صادق آئے تو پھر تمام مرکبوں کے لیے مالیکیولی وزن اور حرارت مخصوصہ کا حاصل ضرب جسے مالیکیولی حرارت کہتے ہیں ، قیمت میں برابر ہونا چاہیے ۔ اس خیال کو ذہن میں لے کر دو سائنس دانوں ووسٹن (Woestyn) اور نیومین (Newmann) نے اپنے اپنے طور پر اس کی جانچ کی تو انھیں معلوم ہوا کہ مرکبات پر دولاں اور پیتی کے قانون کا اطلاق جزوی طور پر تو صحیح ہے مگر کلی طور پر صحیح نہیں ہے۔ اس کی تفصیل یہ ہے کہ اگر مرکبات مختلف قسم کے لیے جائیں اور ان میں سے ہر ایک کے مالیکیولی وزن اور حرارت مخصوصہ کا حاصل ضرب نکال کر مالیکیولی حرارت معلوم کی جائے تو اس مالیکیولی حرارت کی قیمت تمام مرکبوں کے لیے تو یکساں نہیں ہوتی ، البتہ اگر مرکبات ایک ہی نوع کے ہوں تو ان کے لیے مالیکیولی حرارت کی قیمت قریباً برابر ہوجاتی ہے ۔ اس کی مزید وضاحت مندرجہ ذیل مثالوں سے ہوتی ہے ۔

سوڈیم کلورائڈ (NaCl) کا مالیکیولی وزن 58·5 ہے اور اس کی حرارت مخصوصہ 0·214 ہے ۔ ان دونوں کو ضرب دینے سے اس کی مالیکیولی حرارت 12·5 نکلتی ہے ۔ آدھر فیرس اوکسائڈ ($Fe_2 O_3$) ایک علیحدہ نوعیت کا مرکب ہے اس کا مالیکیولی وزن 159·8 ہے اور اس کی حرارت مخصوصہ 0·17 ہے ۔ ان دونوں کو ضرب دینے سے اس کی مالیکیولی حرارت 27·2 نکلتی ہے جو سوڈیم کلورائڈ کی مالیکیولی حرارت (12·5) کے برابر ہونا تو درکنار اس کے دگنے سے بھی زیادہ ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ **دو علیحدہ نوعیت کے مرکبوں کے لیے مالیکیولی حرارت کی قیمت برابر نہیں ہوتی اور اس لیے ان پر دولاں اور پیتی کا قانون صحیح نہیں آترتا ۔**

اب ایک ہی نوع کے مرکبوں کی مثال لیجیے ۔ سوڈیم کلورائڈ (Na Cl) ، پوٹا شیم کلورائڈ (K Cl) اور سلور کلورائڈ (Ag Cl) ایک ہی نوعیت کے تین مرکبات ہیں ، کیونکہ وہ سب کے سب دھاتوں

کے کلورائڈ ھیں - ان میں سے سوڈیم کلورائڈ کے متعلق تصریح کی جا چکی ھے کہ اس کی مالیکیولی حرارت کی قیمت 12.5 ھے - پوٹاشیم کلورائڈ کا مالیکیولی وزن 74.5 ھے اور اس کی حرارت مخصوصہ 0.173 ھے - اس لیے اس کی مالیکیولی حرارت 74.5×0.173 یعنی 12.9 ھے جو سوڈیم کلورائڈ کی مالیکیولی حرارت کے قریباً برابر ھے - اسی طرح سلور کلورائڈ کا مالیکیولی وزن 143 ھے اور اس کی حرارت مخصوصہ 0.091 ھے - اس لیے اس کی مالیکیولی حرارت 143×0.091 یعنی 13.0 ھے جو پوٹاشیم کلورائڈ کی مالیکیولی حرارت کے قریباً برابر ھے - اس سے ظاھر ھے کہ **اگر مختلف دھاتوں کے کلورائڈ لیے جائیں جو ایک ھی نوع کے مرکبات ھیں تو اُن کے مالیکیولی وزنوں میں شدید اختلاف کے باوجود اُن کی مالیکیولی حرارت قریباً برابر نکلتی ھے -**

اسی طرح ایک ھی نوعیت کے مرکبات کی ایک اور مثال لیجیے - فیرس اوکسائڈ (Fe_2O_3)، آرسینک اوکسائڈ (As_2O_3) اور ٹن اوکسائڈ (Sb_2O_2) تینوں ایک ھی نوعیت کے اوکسائڈ ھیں - ان میں سے فیرس اوکسائڈ (Fe_2O_3) کے متعلق تصریح کی جا چکی ھے کہ اس کی مالیکیولی حرارت 27.2 ھے - آرسینک اوکسایڈ (As_2O_3) کا مالیکیولی وزن 197.8 ھے اور اس کی حرارت مخصوصہ 0.1277 ھے، اس لیے اس کی مالیکیولی حرارت 197.8×0.1277 یعنی 25.3 ھے جو فیرس اوکسائڈ (Fe_2O_3) کی مالیکیولی حرارت (27.2) سے زیادہ مختلف نہیں ھے - ٹن اوکسایڈ (Sb_2O_3) کا مالیکیولی وزن 287.8 ھے اور اس کی حرارت مخصوصہ 0.0901 ھے، اس لیے اس کی مالیکیولی حرارت 287.8×0.0901 یعنی 25.9 ھے جو آرسینک اوکسائڈ (As_2O_3) کی مالیکیولی حرارت (25.3) کے قریباً برابر ھے - اس سے ظاھر ھے کہ جب مختلف عناصر کے ایک ھی ساخت کے اوکسائڈ لیے جائیں، جیسا کہ فیرس اوکسائڈ (Fe_2O_3)، آرسینک اوکسائڈ (A_2O_3) اور ٹن اوکسائڈ (Sb_2O_3) ھیں تو اگرچہ اُن کے مالیکیولی وزن ایک دوسرے سے بہت مختلف ھیں مگر ان کی مالیکیولی حرارت کی قیمت قریباً برابر نکلتی ھے -

اوپر کی تصریحات سے ثابت ہوتا ہے کہ جہاں تک مرکبات کا تعلق ہے دولان اور پیتی کا قانون کلی طور پر ان سب پر صادق نہیں آتا کیونکہ تمام مرکبات کے لیے مالیکیولی حرارت کی قیمت یکساں نہیں ہوتی - لیکن کیمیائی طور پر ایک ہی ساخت رکھنے والے مرکبات کے ایک چھوٹے سے گروپ پر یہ قانون راست آ جاتا ہے - کیونکہ اس محدود گروپ کے اندر پائے جانے والے مرکبات کی مالیکیولی حرارت قیمت میں قریباً برابر ہوتی ہے -

ایک ہی شے کی مختلف بہروپی اشکال کی حرارت مخصوصہ میں اختلاف - کیمیا میں ہمیں بعض ایسی اشیا ملتی ہیں جو دو یا دو سے زیادہ بہروپی شکلوں (Allotropic forms) میں پائی جاتی ہیں - عام ٹمپریچر پر ایک شے کی مختلف بہروپی اشکال کی حرارت مخصوصہ کی قیمتیں ایک سی نہیں ہوتیں بلکہ ان میں کافی حد تک اختلاف پایا جاتا ہے - چنانچہ ہیرا ، لکڑی کا کوئلہ اور گریفائٹ (Graphite) کاربن کی تین مشہور بہروپی قسمیں ہیں - ان میں سے ہیرے کی حرارت مخصوصہ نسبتاً سب سے کم یعنی 0·1469 ہے ، گریفایٹ کی حرارت مخصوصہ اس سے زیادہ یعنی 0·2148 ہے اور لکڑی کے کوئلے کی حرارت مخصوصہ اس سے بھی زیادہ یعنی 0.2415 ہے -

ایک دوسری مثال کیلسیم کاربونیٹ (Calcium carbonate) کی لی جا سکتی ہے - اس کی بہروپی شکلیں سنگ مرمر (Marble) ، چاک (Chalk) اور آئس‌لینڈ سپار (Iceland spar) ہیں - ان کی حرارت مخصوصہ میں بھی کسی قدر اختلاف پایا جاتا ہے - چنانچہ سنگ مرمر کی حرارت مخصوصہ سب سے زیادہ یعنی 0·2158 ہے - چاک کی حرارت مخصوصہ اس سے ذرا کم یعنی 0·2148 ہے اور آئس لینڈ سپار کی حرارت مخصوصہ اس سے بھی کم یعنی 0·2085 ہے - اس سے ظاہر ہے کہ **کسی شے کی مختلف بہروپی اشکال کیمیائی طور پر یکساں ہونے کے باوجود جہاں دیگر طبعی خاصیتوں میں ایک دوسرے سے مختلف ہوتی ہیں وہاں عام ٹمپریچر پر اُن کی حرارت مخصوصہ کی قیمتوں میں بھی اختلاف پایا جاتا ہے-**

مائعات کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے عملی طریقے ۔

مائعات کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے جو متعدد طریقے ھیں ان میں پہلا طریقہ وہ ھے جسے نظری طور پر **نیوٹن کے ٹھنڈا ھونے کے قانون** سے اخذ کیا جا سکتا ھے اس لیے اس طریقے کو بیان کرنے سے پہلے نیوٹن کے ٹھنڈا ھونے کے قانون کی تشریح ضروری ھے ۔

نیوٹن کا ٹھنڈا ھونے کا قانون ۔ جب کسی گرم جسم کو کھلی ھوا میں جس کا ٹمپریچر اس جسم کے ٹمپریچر سے کافی نیچا ھو ، رکھ دیا جائے تو وہ آھستہ آھستہ اپنی حرارت خارج کرتا اور ٹھنڈا ھوتا جاتا ھے اور یہ سلسلہ اس وقت تک جاری رھتا ھے جب تک اس کا ٹمپریچر گرد و نواح کے ٹمپریچر کے برابر نہ ھو جائے۔ نیوٹن نے معلوم کیا کہ کسی گرم جسم کے ٹھنڈا ھونے کی شرح اس جسم کے ٹمپریچر اور گرد و نواح کے ٹمپریچر کے فرق کے متناسب ھوتی ھے ۔ اسے **نیوٹن کا ٹھنڈے ھونے کا قانون** (Newton's law of cooling) کہتے ھیں ۔ اس قانون میں ٹھنڈے ھونے کی شرح سے حرارت کی وہ مقدار مراد ھوتی ھے جسے وہ جسم ایک سیکنڈ میں خارج کرتا ھے ۔ اس لحاظ سے نیوٹن کے قانون کو ان الفاظ میں بھی بیان کیا جا سکتا ھے کہ **کوئی گرم جسم ٹھنڈا ھونے میں جتنی حرارت فی سیکنڈ خارج کرتا ھے اس کی مقدار اس جسم کے ٹمپریچر اور گرد و نواح کے ٹمپریچر کے فرق پر منحصر ھوتی ھے** ۔ اس قانون کے صحیح ھونے کے لیے شرط یہ ھے کہ گرم جسم ایسی حالت میں پڑا ھو جہاں ھوا کے جھونکے اسے آزادانہ طور پر لگ رھے ھوں یعنی وہ یا تو ایک ایسی کھڑکی میں رکھا ھو جس میں سے ھوا آ رھی ھو یا وہ کسی پنکھے کے نیچے رکھا ھوا ھو ۔ اگر یہ شرط پوری ھو جائے تو نیوٹن کا یہ قانون ٹمپریچر کی کافی بڑی حدود کے درمیان صحیح ثابت ھوتا ھے ۔

گرم جسم حرارت کی جو مقدار فی سیکنڈ خارج کرتا ھے اس کا انحصار تین امور پر ھوتا ھے :

(۱) گرم جسم اور گرد و نواح کے ٹمپریچر کا فرق ۔ چنانچہ یہ فرق

جتنا زیادہ ہو فی سیکنڈ خارج ہونے والی مقدار بھی اتنی ہی بڑھی ہوتی ہے (یہ بات اوپر بیان کی جا چکی ہے) ۔

(۲) گرم جسم کی کھلی سطح کا رقبہ ۔ گرم جسم کی کھلی سطح کا رقبہ اگر زیادہ ہو تو اس سے خارج ہونے والی حرارت فی سیکنڈ بھی بڑھ جاتی ہے اور ٹھنڈا ہونے کا عمل تیز ہو جاتا ہے ۔

(۳) کھلی سطح کی نوعیت ۔ جسم کی کھلی سطح اگر بے چمک سیاہ رنگ کی ہو تو اس سطح سے حرارت کا اخراج فی سیکنڈ چمک دار سفید سطح کے مقابلے میں زیادہ ہوتا ہے ۔

یہاں یہ امر قابل ذکر ہے کہ ٹھنڈے ہونے کے اس قانون کا تعلق تمام تر مائعات سے ہے کیونکہ جب کوئی مائع ٹھنڈا ہو رہا ہو تو اس کے اندر ترسیلی روؤں (Convection currents) کے متواتر پیدا ہونے ، نیز اس کو کسی ہلانی (Stirrer) سے اکثر ہلاتے رہنے کے باعث اس کا ٹمپریچر تمام حصوں میں یکساں رہتا ہے اور ہم اس کے بارے میں کہہ سکتے ہیں کہ اس وقت اس مائع کا ٹمپریچر کیا ہے اور اس مائع کے ٹمپریچر اور گرد و نواح کے ٹمپریچر میں کتنا فرق ہے ۔ لیکن اگر ٹھنڈا ہونے والا جسم ٹھوس ہو تو جب اس کی سطح پر کے حصے کا ٹمپریچر کم ہو جائے تو اس کے اندر کے حصے کا ٹمپریچر اس سے اونچا ہوتا ہے اور اس جسم کے متعلق یہ نہیں کہا جا سکتا کہ اس کا فلاں خاص اور واضح ٹمپریچر ہے ۔ اسی وجہ سے اس قسم کے ٹھوس جسم کے لیے 'جسم کے ٹمپریچر اور گرد و نواح کے ٹمپریچر کے فرق' کے کوئی واضح معنی نہیں ہوتے ۔ ٹھوس جسم کے اندرون سے اس کے بیرونی حصے کی طرف حرارت کا بہاؤ اس جسم کی ایصالیت (Conductivity) پر ہوتا ہے اور اس نئے مسئلے سے حرارت کے بہاؤ اور اخراج کا معاملہ اور زیادہ پیچیدہ ہو جاتا ہے ان امور کا مجموعی نتیجہ یہ ہے کہ ٹھنڈا ہونے والا جسم اگر ٹھوس ہو تو وہ نیوٹن کے ٹھنڈے ہونے قانون کے اطلاق سے باہر سمجھا جاتا ہے اور اس قانون کا عملی اطلاق محض ٹھنڈے ہونے والے مائعات تک محدود ہوتا ہے ۔

ایک گرم جسم کو (جو مائع کی صورت میں ہو اور جس کی کمیت m اور ٹمپریچر θ ہو) زیر غور لاؤ - اگر گرد و نواح کا ٹمپریچر θ_0 ہو تو ان دونوں ٹمپریچروں کا فرق $(\theta-\theta_0)$ ہوگا - اب اگر یہ جسم ایک قلیل وقت dt میں حرارت کی ایک قلیل مقدار dQ خارج کر رہا ہو تو اس کی حرارت خارج کرنے کی شرح $-\frac{dQ}{dt}$ ہے (اس شرح کو منفی علامت اس لیے دی گئی ہے کیونکہ یہ حرارت کے منفی ہونے یعنی خارج ہونے کی طرف دلالت کرتی ہے) -

نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کے مطابق یہ شرح جسم کے ٹمپریچر اور گرد و نواح کے ٹمپریچر کے فرق یعنی $(\theta-\theta_0)$ کے متناسب ہے - اس لیے

$$\therefore \quad -\frac{dQ}{dt}=K(\theta-\theta_0) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

جب کہ K ایک مستقل ہو جس کا انحصار مائع کے برتن کی بیرونی سطح کی نوعیت اور رقبے پر ہوتا ہے -

اب حرارت کے اس اخراج کا جائزہ ایک اور انداز سے لیجیے - اگر وقت dt میں حرارت کا اخراج $-dQ$ ہونے سے جسم کا ٹمپریچر بقدر $d\theta$ کے کم ہو جاتا ہے تو چونکہ خارج شدہ حرارت جسم کی کمیت m ، اس کی حرارت مخصوصہ S اور اس کے ٹمپریچر کی کمی $-d\theta$ کے حاصل ضرب کے برابر ہے اس لیے

$$-dQ=mS\times -d\theta$$

یا

$$-dQ=-mS\,d\theta \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

مساوات (ii) کو مساوات (i) میں شامل کرنے سے

$$-\frac{mSd\theta}{dt}=K(\theta-\theta_0)$$

یا

$$-\frac{d\theta}{dt}=\frac{K}{mS}(\theta-\theta_0)$$

ایک خاص جسم کے لیے چونکہ mS اور K کی قیمتیں مستقل ھیں اس لیے اس جسم کے لیے $\frac{K}{mS}$ بھی ایک مستقل ہے جسے K' کے برابر رکھا جا سکتا ہے ۔ اس لیے

$$-\frac{d\theta}{dt} = K'(\theta - \theta_0)$$

یا

$$d\theta = -K'(\theta - \theta_0)\,dt$$

یا

$$\frac{d\theta}{\theta - \theta_0} = -K'dt \dots\dots\dots\dots\dots (iii)$$

اس مساوات (iii) پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے

$$\int \frac{d\theta}{\theta - \theta_0} = -K' \int dt$$

یا

$$\log\ (\theta - \theta_0) = -K't + C$$

جب کہ C تکمیلی عمل کا مستقل (Constant of integration) ہو۔

یہ ایک اہم مساوات ہے کیونکہ دیگر کوائف کی موجودگی میں ہم اس سے کسی ٹھنڈے ہونے والے مائع کے متعلق معلوم کر سکتے ھیں کہ وہ ایک خاص ٹمپریچر تک ٹھنڈا ہونے میں کتنا وقت لے گا یا ایک خاص وقت کے گزر جانے پر اس کا ٹمپریچر کتنا گرے گا ۔ اس کی وضاحت مندرجہ ذیل دو حسابی مثالوں سے کی جاتی ہے ۔ ان میں سے پہلی مثال میں دریافت کیا گیا ہے کہ ٹھنڈا ہونے والا جسم ایک خاص ٹمپریچر تک گرنے میں کتنا وقت لیتا ہے اور دوسری مثال میں معلوم کیا گیا ہے کہ ایک خاص وقت کے گزر جانے پر وہ جسم کتنے درجے ٹمپریچر تک ٹھنڈا ہوتا ہے ۔

مثال ۱ ۔ اگر ایک جسم 100°C سے 60°C تک ٹھنڈا ہونے میں 3 منٹ لیتا ہے تو وہ 60°C سے 20°C تک ٹھنڈا ہونے میں کتنا وقت لے گا ۔ گرد و نواح کا ٹمپریچر 10°C ہے اور جسم مذکور اس نوعیت کا ہے جس پر نیوٹن کے ٹھنڈا ہونے کے قانون کا اطلاق کامل طور پر ہوتا ہے ۔

اس سوال میں θ_0 کی قیمت مستقل طور پر 10°C ھے - پس

$$\log_e(\theta-\theta_0)=-K't+C$$

کا جب پہلی صورت پر اطلاق کیا جائے جب کہ θ کی قیمت 100°C سے 60°C تک کم ھوتی ھے اور t کی قیمت 3 منٹ یعنی 180 سیکنڈ ھوتی ھے تو

$$[\log(\theta-\theta_0)]_{60}^{100}=-K'[t]_{0}^{180}+C$$

$$\therefore\quad [\log(100-10)-\log(60-10]$$
$$=(-K'\times180+C)-(-K'\times0+C)$$

یا $\log 90-\log 50=-180\,K'\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$

جب مساوات

$$\log(\theta-\theta_0)=-K't+C$$

کا اطلاق دوسری صورت پر کیا جائے جب کہ θ کی قیمت 60°C سے 20°C تک کم ھوتی ھے اور t کی قیمت مطلوب ھے تو

$$[\log(\theta-\theta_0)]_{20}^{60}=-K'[t]_{0}^{t}+C$$

$$\therefore\quad [\log(60-10)-\log(20-10)]$$
$$=(-K'\times t+C)-(-K'\times0+C)$$

یا $\log 50-\log 10=-K't\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$

(ii) کو (i) پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{\log 50-\log 10}{\log 90-\log 50}=\frac{t}{180}$$

یہ لاگ (log) تمام کے تمام e کی اساس پر ھیں اس لیے ان کو 10 کی اساس پر تبدیل کرنے کے لیے انھیں 2·3 پرتقسیم کرنا ضروری ھے -

پس اوپر کی مساوات میں لاگ (log) کو 10 کی اساس پر منتقل کرنے کے لیے

$$\frac{\frac{\log 50}{2\cdot3}-\frac{\log 10}{2\cdot3}}{\frac{\log 90}{2\cdot3}-\frac{\log 50}{2\cdot3}}=\frac{t}{180}$$

یا
$$\frac{\log_{10} 50-\log_{10} 10}{\log_{10} 90-\log_{10} 50}=\frac{t}{180}$$

$$\frac{1\cdot69897-1}{1\cdot95424-1\cdot69}=\frac{t}{180}$$

$$\therefore \quad t=493\cdot2 \text{ secs.}$$

$$=\frac{493\cdot2}{60}=8\cdot22\text{minutes}$$

پس مطلوبہ وقت 8·22 منٹ ھے -

مثال ۲ - اگر ایک جسم 100°C سے 60°C تک ٹھنڈا ھونے میں 3 منٹ لیتا ھو تو وہ اگلے 3 منٹ میں کتنے درجے تک ٹھنڈا ھوگا؟ گرد و نواح کا ٹمپریچر 10°C ھے اور جسم مذکور اس نوعیت کا ھے جس پر نیوٹن کے ٹھنڈے ھونے کے قانون کا اطلاق کامل طور پر ھوتا ھے -

اس سوال میں θ_0 کی قیمت مستقل طور پر 10°C ھے - پس

$$\log(\theta-\theta_0)=-K't+C$$

کا اطلاق پہلی صورت پر کرنے سے جب θ کی قیمت 100°C سے 60°C تک کم ھوتی ھے اور t کی قیمت 3 منٹ یعنی 180 سیکنڈ ھے تو

$$\left[\log(\theta-\theta_0)\right]_0^{100}=-K'\left[t\right]_0^{180}+C$$

$$\therefore \quad [\log(100-10)-\log(60-10)]$$
$$=(-K'\times180+C)-(-K'\times0+C)$$

یا $\log 90 - \log 50 = -180\ K' \ldots\ldots\ldots (i)$

اب اسی مساوات

$$\log(\theta - \theta_0) = -K't + C$$

کا اطلاق دوسری صورت پر کرنے سے جب کہ θ کی قیمت 60 سے کم ہو کر θ' تک 3 منٹ میں گرتی ہے (θ' مطلوبہ ٹمپریچر ہے جس کو معلوم کرنا ہے)۔

$$[\log(\theta - \theta_0)]_{\theta'}^{60} = -K'[t]_0^{180}$$

$$\therefore\quad [\log(60-10) - \log(\theta'-10)]$$
$$= (-K' \times 180 + C) - (-K' + 0 + C)$$

یا $\log 50 - \log(\theta - 10) = -180K' \ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$

(ii) اور (i) چونکہ برابر ہیں اس لیے

$$\log 90 - \log 50 = \log 50 - \log(\theta' - 10)$$

یہ لاگ (log) تمام کے تمام e کی اساس پر ہیں اس لیے ان کو 10 کی اساس پر تبدیل کرنے کے لیے انہیں 2·3 پر تقسیم کرنا ضروری ہے۔ پس اوپر کی مساوات کو 10 کی اساس پر منتقل کرنے کے لیے

$$\frac{\log 90}{2\cdot3} - \frac{\log 50}{2\cdot3} = \frac{\log 50}{2\cdot3} - \frac{\log(\theta'-10)}{2\cdot3}$$

$$\therefore\quad \log_{10} 90 - \log_{10} 50 = \log_{10} 50 - \log_{10}(\theta' - 10)$$

یا $\log_{10}(\theta' - 10) = 2\log_{10} 50 - \log_{10} 90$

یا $\log(\theta' - 10) = 1\cdot4437$

$$\therefore\quad \theta' - 10 = 27\cdot3$$

یا $\theta' = 27\cdot3 + 10 = 37\cdot8°C$

پس اگلے 180°C سیکنڈ یعنی 3 منٹ میں اس جسم کا ٹمپریچر 60°C سے گر کر 37·8°C ہو جائے گا۔

ٹھنڈے ہونے کے طریقے سے کسی مائع کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنا ۔

نیوٹن کے ٹھنڈا ہونے کے قانون کے مطابق گرم جسم سے حرارت کے خارج ہونے کی شرح اس جسم کے ٹمپریچر اور گرد و نواح کے ٹمپریچر کے فرق کے متناسب ہوتی ہے ۔ علاوہ ازیں اس خارج شدہ حرارت کا انحصار گرم جسم کی کھلی سطح کے رقبے اور اس سطح کی نوعیت پر بھی ہوتا ہے ۔ البتہ گرم جسم کی اپنی نوعیت کا حرارت کے اس اخراج میں کوئی دخل نہیں ہوتا ۔ اس سے ظاہر ہے کہ اگر ہم دو کلوری میٹر ایسے لیں جو بالکل ایک سے ہوں یعنی ان کی بیرونی سطح کا رقبہ اور نوعیت یکساں ہو ، ان میں سے ایک میں دیا ہوا گرم مائع اور دوسرے میں اسی حجم کا گرم پانی ڈالیں ، جب کہ یہ مائع اور پانی ایک ہی ٹمپریچر تک گرم کیے ہوں تو چونکہ وہ تینوں امور ، جن پر گرم جسم کی حرارت کے اخراج کی شرح کا انحصار ہوتا ہے یعنی (۱) جسم کے ٹمپریچر اور گرد و نواح کے ٹمپریچر کا فرق (۲) جسم کی بیرونی سطح کا رقبہ اور (۳) اس سطح کی نوعیت ، یہ دونوں کلوری میٹروں (اور ان کے مائعات) کے لیے برابر ہیں ۔ اس لیے ان کلوری میٹروں اور ان کے مائعات کے ٹھنڈے ہونے کی شرح برابر ہوگی ۔ اب فرض کیجیے کہ پہلے کلوری میٹر میں دیے ہوئے مائع کی کمیت m_1 ہے ۔ اس مائع کی حرارت مخصوصہ S ہے اور کلوری میٹر کا آب مساوی (Water equi-valent) w_1 ہے ۔ اگر اس مائع اور کلوری میٹر کا ٹمپریچر وقت t_1 میں θ_1 سے θ_2 تک گرے اور اس عمل میں اس کی خارج کردہ حرارت Q_1 ہو تو

$$Q_1 = (m_1 S + w_1)\ (\theta_1 - \theta_2)$$

چونکہ حرارت کے اخراج کی شرح $\dfrac{\text{خارج شدہ حرارت}}{\text{وقت}}$ کے برابر ہے ،

اس لیے مائع اور کلوری میٹر کی حرارت کے اخراج کی شرح

$$= \frac{Q_1}{t_1} = \frac{(m_1 S + w_1)\ (\theta_1 - \theta_2)}{t_1}$$

مزید فرض کیجیے کہ دوسرے کلوری میٹر میں پانی کی کمیت m_2 ہے ، اس کی حرارت مخصوصہ ایک ہے اور کلوری میٹر کا آب مساوی w_2 ہے ۔ اگر اس پانی اور کلوری میٹر کا ٹمپریچر وقت t_2 میں θ_1 سے θ_2

تک گرے اور عمل میں اس کی خارج کردہ حرارت Q_2 ہو تو

$$Q_2=(m_2+w_2)\ (\theta_1-\theta_2)$$

چونکہ حرارت کا یہ اخراج وقت t_2 میں ہوتا ہے ، اس لیے

پانی اور کلوری میٹر کی حرارت کے اخراج کی شرح

$$=\frac{Q_2}{t_2}=\frac{(m_2+w_2)\ (\theta_1-\theta_2)}{t_2}$$

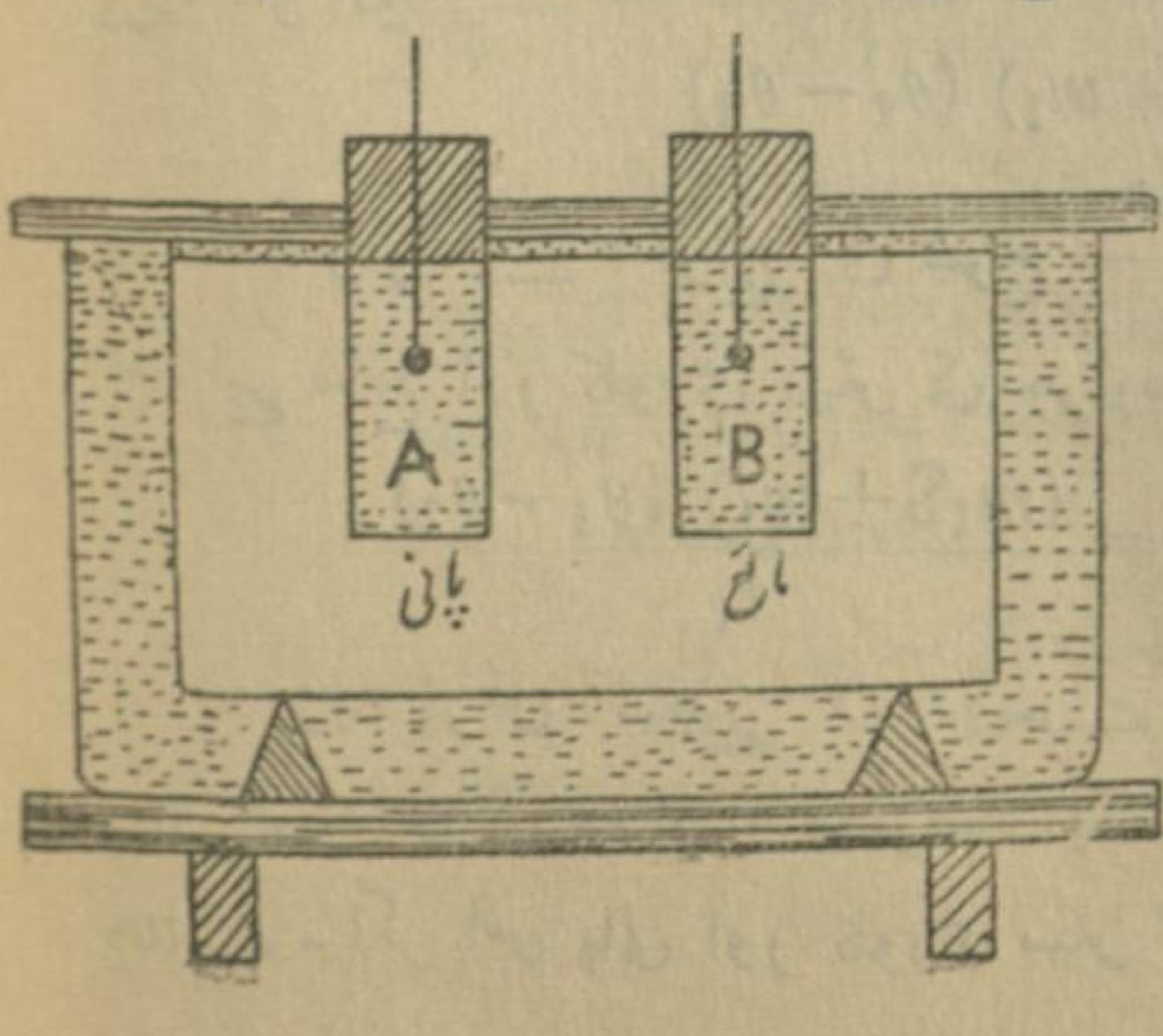
چونکہ اوپر کی تفصیل کے مطابق دونوں مائعات (اور ان کے کلوری میٹروں) کی حرارت کے اخراج کی شرح برابر ہے ، اس لیے

$$\frac{(m_1S+w_1)\ (\theta_1-\theta_2)}{t_1}=\frac{(m_2+w_2)\ (\theta_1-\theta_2)}{t_2}$$

$$\therefore \qquad \frac{m_1S+w_1}{t_1}=\frac{(m_2+w_2)}{t_2}$$

اس سے S کی قیمت نکالی جا سکتی ہے ۔

تجربہ کرنے کے لیے دوہری دیواروں کا ایک چوکور ڈبہ لو جس کی دیواروں کی درمیانی جگہ میں پانی پڑا ہو ۔ چونکہ پانی کافی عرصے تک اپنے ٹمپریچر کو برقرار رکھتا ہے ، اس لیے اس پانی کے باعث ڈبے کے اندرون کا ٹمپریچر تجربے کے دوران میں مستقل رہے گا ۔ اس ڈبے کے اوپر کے ڈھکنے میں دو چوڑے سوراخ بنے ہوتے ہیں ۔ ان میں سے دونوں کلوری میٹروں کو گزار کر لٹکاؤ ۔ یہ دونوں کلوری میٹر A اور B ، سائز میں ، بیرونی سطح کے رقبے میں ، اور بیرونی سطح کی نوعیت میں بالکل ایک سے ہیں ۔ ان میں سے کلوری میٹر A میں پانی اور کلوری میٹر B میں



دیا ہوا مائع برابر برابر حجم میں ڈالو - یہ پانی اور مائع پہلے سے 70°C تک گرم کر لیا گیا ہو - دونوں کلوری میٹروں میں ایک ایک تھرمامیٹر عموداً لٹکاؤ - مائع اور پانی کو ٹھنڈا ہونے دو اور ایک سٹاپ واچ کی مدد سے ایک منٹ کے وقفے سے اُن کے ٹمپریچروں کی پیمائش کرتے رہو ، یہاں تک کہ ان کا ٹمپریچر 70°C سے 40°C تک گر جائے - تجربے کے آخر میں ترازو سے وزن کر کے مائع کی کمیت m_1 اور پانی کی کمیت m_2 نکالو - نیز کلوری میٹر A کا آب مساوی w_1 اور کلوری میٹر B کا آب مساوی w_2 بھی علیحدہ علیحدہ طور پر معلوم کرو (آب مساوی معلوم کرنے کا عام طریقہ یہ ہے کہ کلوری میٹر کو وزن کر کے اس کی کمیت نکالو اور اسے کلوری میٹر کی دھات کی حرارت مخصوصہ سے ضرب دے دو) - اس کے بعد دیے ہوئے مائع کی حرارت مخصوصہ S کو مندرجہ ذیل تین طریقوں میں سے کسی ایک طریقے سے نکالا جا سکتا ہے -

طریقہ 1 - یہ طریقہ سادہ ہے مگر سائنس کے نقطۂ نظر سے اسے گراف کے طریقہ 2 یا طریقہ 3 کے مقابلے میں اعلیٰ خیال نہیں کیا جاتا - اس طریقے کے مطابق 70°C سے 40°C تک ٹھنڈا ہونے میں مائع کو ، جو وقت t_1 اور پانی کو جو وقت t_2 لگا ہے ، سٹاپ واچ سے اس کی پیمائش کرو - تب

مائع اور کلوری میٹر A کے لیے

$$\text{حرارت کے اخراج کی شرح} = \frac{(m_1 S + w_1)(70-40)}{t_1}$$

پانی اور کلوری میٹر B کے لیے

$$\text{حرارت کے اخراج کی شرح} = \frac{(m_2 + w_2)(70-40)}{t_2}$$

چونکہ یہ دونوں شرحیں برابر ہیں ، اس لیے

$$\frac{(m_1 S + w_1)(70-40)}{t_1} = \frac{(m_2 + w_2)(70-40)}{t_2}$$

یا $$\frac{m_1S+w_1}{t_1}=\frac{m_2+w_2}{t_2}$$

یا $$m_1S+w_1=\frac{(m_2+{}_2)wt_1}{t_2}$$

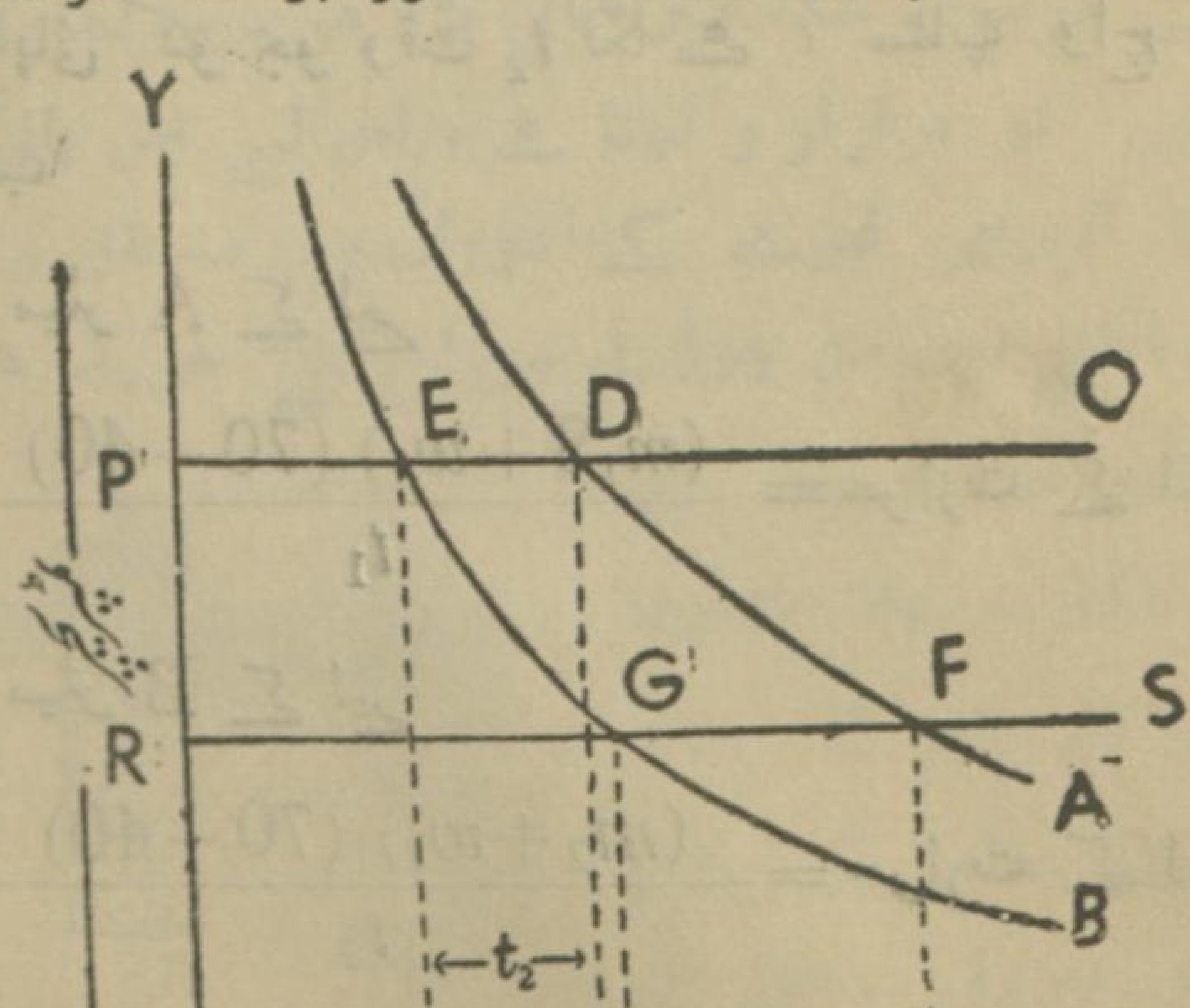
یا $$m_1S=\frac{(m_2+w_2)t_1}{t_2}-w_1$$

$$=\frac{(m_2+w_2)t_1-}{t_2}$$

$$\therefore \qquad S=\frac{m_2t_1+w_2t_1-w_1t_2}{m_1t_2}$$

چونکہ t_1 اور t_2 تجربے سے معلوم کر لیے ہیں اور w_1 ، w_2 ، m_1 اور m_2 پیمائش سے نکالے گئے ہیں ، اس لیے S کی قیمت معلوم کی جا سکتی ہے ۔

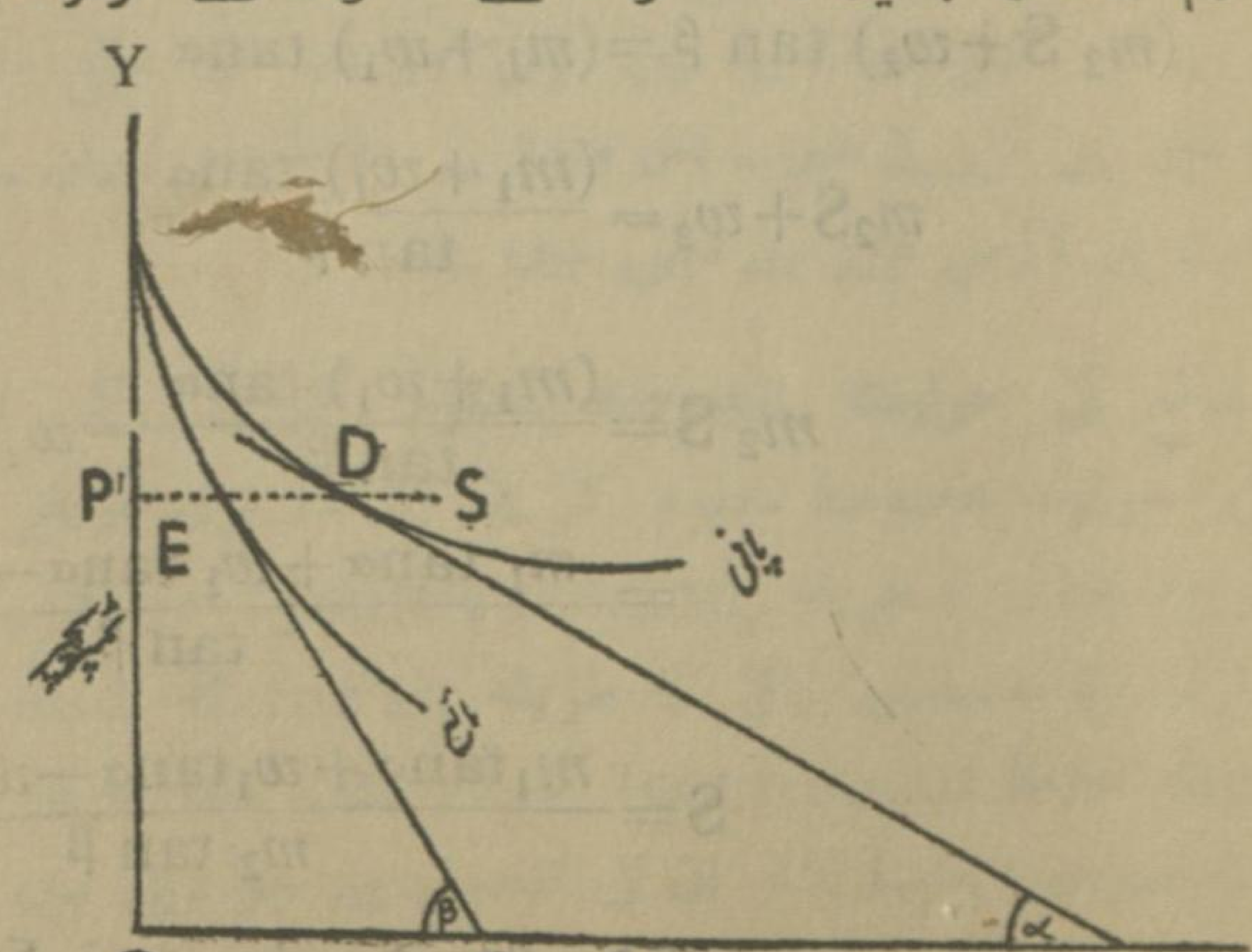
دوسرا طریقہ ۔ یہ گراف کا طریقہ ہے ۔ چونکہ مائع اور پانی کے ٹمپریچر ایک ایک منٹ کے وقفے کے بعد معلوم کر لیے گئے ہیں ، اس لیے گراف کے کاغذ پر X— محور کے ساتھ وقت لو اور Y— محور کے ساتھ ٹمپریچر کو ظاہر کر کے مائع اور پانی کے ٹھنڈا ہونے کے گراف A اور B کھینچو ۔ ٹمپریچر کے Y— محور پر P اور R ایسے نقاط لو



جن میں نقطہ P ٹمپریچر 50°C کو اور نقطہ R ٹمپریچر 40°C کو ظاہر کرے - P سے ایک اُفقی خط PQ محور OX کے متوازی کھینچو جو گراف A کو نقطہ D پر اور گراف B کو نقطہ E پر قطع کرے - اسی طرح نقطہ R سے ایک اُفقی خط RS محور OX ھی کے متوازی کھینچو جو گراف A کو نقطہ F پر اور گراف B کو نقطہ G پر قطع کرے - D ، E ، F اور G سے محور OX پر عمودی خط DH ، EK ، FL اور GM گراؤ - چونکہ OX– محور وقت کا ھے اس لیے HL وقت t_1 کو ظاہر کرتا ھے جس میں پانی 50°C سے (یعنی اپنے گراف A کے نقطہ D سے) 40°C تک (یعنی اپنے گراف A کے نقطہ F تک) ٹھنڈا ہوا ھے اس سے t_1 کی قیمت معلوم ہو جاتی ھے - اسی طرح KM وقت t_2 کو ظاہر کرتا ھے جس میں مائع 50°C سے (یعنی اپنے گراف B کے نقطہ D سے) 40°C تک (یعنی اپنے گراف B کے نقطہ G تک) ٹھنڈا ہوا ھے - اس سے t_2 کی قیمت معلوم ہو جاتی ھے - تب جیسا کہ پہلے وضاحت کی گئی ھے

$$S=\frac{m_2t_1+w_2t_1-w_1t_2}{m_1t_2}$$

تیسرا طریقہ - یہ طریقہ بھی گراف کا ھے مگر اس میں t_1 اور t_2 کی قیمتیں معلوم نہیں کی جاتیں بلکہ گراف کے ڈھلوان سے حرارت کے اخراج



کی شرح دریافت کی جاتی ہے - پہلے کی طرح OX کے ساتھ وقت کو اور OY کے ساتھ ٹمپریچر کو ظاہر کر کے پانی کے ٹھنڈا ہونے کا گراف اور مائع کے ٹھنڈا ہونے کا گراف کھینچو - Y— محور پر P نقطہ ایسا لو جو کسی خاص ٹمپریچر مثلاً 50°C کو ظاہر کرے - P سے ایک آفقی خط PS محور OX کے متوازی کھینچو جو گراف A کو نقطہ D پر اور گراف B کو نقطہ E پر قطع کرے - نقطہ D سے ایک خط DF گراف A کے ساتھ اس نقطے پر مماس (Tangent) بناتا ہوا کھینچو جو OX— محور کو F پر ملے - اسی طرح نقطہ E سے ایک خط EG گراف B کے ساتھ اس نقطے پر مماس (Tangent) بناتا ہوا کھینچو جو OX کو G پر ملے - زاویہ DFO کو جسے مماس DF محور OX کے ساتھ بناتا ہے ، α سے اور زاویہ EGO کو جسے مماس EG محور OX کے ساتھ بناتا ہے ، β سے تعبیر کرو - تب مقررہ ٹمپریچر پر $\tan\alpha$ پانی کے ٹمپریچر کے گرنے کی شرح کو اور $\tan\beta$ مائع کے ٹمپریچر کے گرنے کی شرح کو ظاہر کرتا ہے - اس لیے

پانی کے ٹھنڈا ہونے کی شرح $=(m_1+w_1)\tan\alpha$

مائع کے ٹھنڈا ہونے کی شرح $=(m_2 S+w_2)\tan\beta$

چونکہ یہ دونوں شرحیں برابر ہیں اس لیے

$$(m_2 S+w_2)\tan\beta=(m_1+w_1)\tan\alpha$$

یا
$$m_2S+w_2=\frac{(m_1+w_1)\tan\alpha}{\tan\beta}$$

یا
$$m_2 S=\frac{(m_1+w_1)\tan\alpha}{\tan\beta}-w_2$$

$$=\frac{m_1\tan\alpha+w_1\tan\alpha-w_2\tan\beta}{\tan\beta}$$

$\therefore$
$$S=\frac{m_1\tan\alpha+w_1\tan\alpha-w_2\tan\beta}{m_2\tan\beta}$$

اس سے S کی قیمت معلوم ہو جاتی ہے -

مائعات کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے لیے نیوٹن کے ٹھنڈا ہونے کے قانون پر مبنی طریقہ جس کی تفصیل اوپر دی گئی ہے ، بہت زیادہ صحیح طریقہ نہیں سمجھا جاتا کیونکہ اس طریقے کی بنا اس اصول پر ہے کہ دونوں مائعات کے لیے حرارت کے اخراج کی شرح بالکل یکساں رہتی ہے لیکن یہ مفروضہ ایسا ہے جس پر کلی طور پر اعتماد نہیں کیا جا سکتا ، کیونکہ ٹھنڈا ہوتے وقت دونوں مائعات کے حالات میں ایسی تبدیلیاں پیدا ہونے کا امکان باقی رہ جاتا ہے جس سے اُن کے ٹھنڈے ہونے کی شرح میں کوئی اختلاف رونما ہو سکتا ہے - البتہ اگر ایک طرف کلوری میٹر بڑے سائز کا لیا جائے جس سے اس کی بیرونی سطح کا رقبہ بڑھ جائے اور دوسری جانب اس کلوری میٹر کی بیرونی سطح پر کالا روغن مل کر اس کو سیاہ بنا دیا جائے تو ان دونوں تدبیروں کے باعث کلوری میٹر سے اشعاع کے ذریعے حرارت کے اخراج کی شرح بڑھ جاتی ہے اور دونوں مائعات کے لیے حرارت کے اخراج میں شرح کے اختلاف کا اثر کم از کم رہ جاتا ہے -

نوٹ - ٹھنڈا ہونے کے مذکورہ بالا طریقے کو ہم نے آسانی کی خاطر نیوٹن کے ٹھنڈا ہونے کے قانون سے اخذ کیا ہے لیکن اگر نیوٹن کا ٹھنڈا ہونے کا قانون صحیح نہ ہوتا تو بھی یہ طریقہ اس وجہ سے درست رہتا کیونکہ اس میں پانی اور دیا ہوا مائع دونوں ایک ہی حالات میں سے گزرتے ہیں - اس وجہ سے یہ طریقہ نیوٹن کے ٹھنڈا ہونے کے قانون پر لازمی طور سے مبنی نہیں ہے -

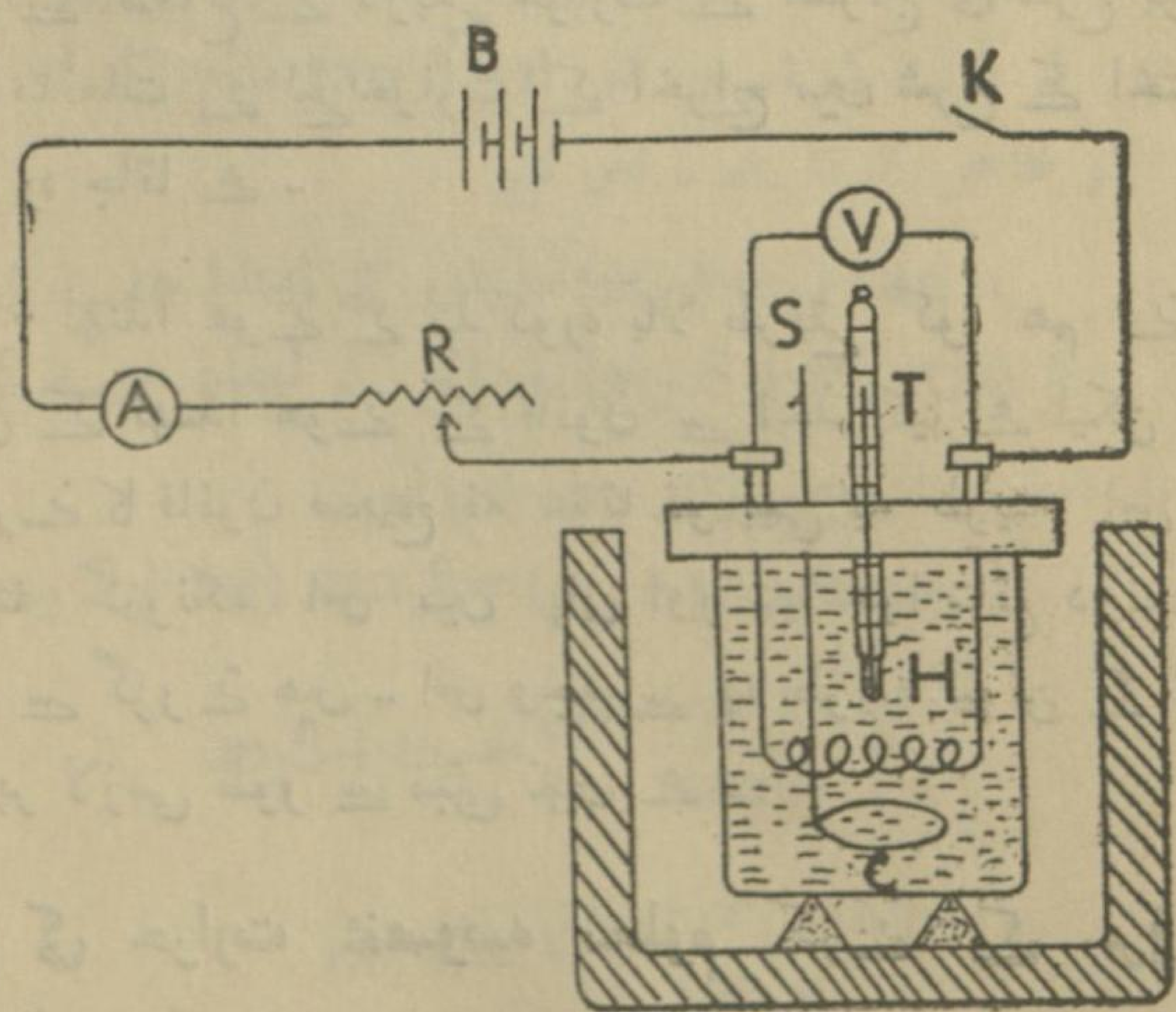
مائع کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے برقی طریقے -

مائع کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے دو برقی طریقے ہیں جن میں پہلا طریقہ جاؤل کا طریقہ (Joule's method) اور دوسرا طریقہ کیلنڈر اور بارنز کا مسلسل بہاؤ کا طریقہ (Callendar and Barne's continuous flow method) کہلاتا ہے - ان طریقوں کے اصول بالکل مختلف ہیں جیسا کہ ان کی تفصیل سے جو ذیل میں دی گئی ہے ، واضح ہو جائے گا -

مائع کی حرارت کو معلوم کرنے کا جاؤل کا طریقہ (Joule's method)

یہ طریقہ مشہور سائنس دان جاؤل (Joule) کی اختراع ہے اور اس لیے اس کے نام سے منسوب ہے۔

اس طریقے میں ایک کلوری میٹر C کے اندر محجوز (Insulated) تار کے ایک لچھے H کو لٹکا کر رکھا جاتا ہے۔ اس لچھے کی مزاحمت بہت زیادہ ہوتی ہے اس لیے جب اس میں برق رو گزاری جاتی ہے تو وہ بہت گرم ہو جاتا ہے اور حرارت دینے لگتا ہے۔ یہ لچھا تانبے کے دو موٹے تاروں کے ذریعے دو پیچوں کے ساتھ بندھا ہوتا ہے اور یہ پیچ کلوری میٹر کے ڈھکنے کے باہر لگے ہوتے ہیں۔ کلوری میٹر میں وہ مائع جس کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنی مطلوب ہو، ڈال دیا جاتا ہے اور مذکورہ لچھے کو اس کے اندر اچھی طرح ڈبو کر رکھا جاتا ہے۔ علاوہ



ازیں اس کا ٹمپریچر لینے کے لیے اس میں ایک حساس تھرمامیٹر T اور اسے حسب ضرورت ہلانے کے لیے ایک ہلانی (Stirrer) کو داخل کر دیا جاتا ہے۔ پورا کلوری میٹر ایک غیر موصل بکس کے اندر رکھا ہوتا ہے تاکہ کلوری میٹر سے ایصال (Conduction) اور اشعاع (Radi-ation) کے ذریعے حرارت کا اخراج کم سے کم ہو۔

تجربہ کرنے کے لیے لچھے H کو اس کے پیچوں کی مدد سے ایک بیٹری B کے ساتھ جوڑ دو اور اس کے سرکٹ میں چابی K کے علاوہ ایک ایم میٹر A اور ایک ریوسٹیٹ (Rheostat) R کو ایک سلسلے میں شامل کر دو ۔ اس کے علاوہ ایک وولٹ میٹر V کو لچھے کے ساتھ متوازی طور پر جوڑ دو تا کہ اس کے ذریعے لچھے کے دونوں سروں کے درمیان پوٹانشل کے فرق کی پیمائش کی جا سکے ۔ چابی کو دبا کر سرکٹ کو مکمل کرو اور برق رو کو لچھے میں بہنے دو ۔ اس وقت ریوسٹیٹ (Rheostat) کی مزاحمت کو بدل بدل کر ایسی قیمت پر لے آؤ کہ کلوری میٹر کے مائع میں ٹمپریچر کی زیادتی کی شرح قریباً $\frac{1}{2}$°C فی منٹ ہو جائے ۔ عام طور پر اس مقصد کے لیے ایک ایمپیر کی برق رو مناسب رہتی ہے ۔ برق رو کو گزارنے سے پہلے مائع کا ٹمپریچر θ_1 ناپ لو، پھر برق رو کو گزرنے دو اور ساتھ ہی ایک سٹاپ واچ چلا دو ۔ لچھے میں برق رو کے گزرنے سے حرارت پیدا ہوگی اور یہ حرارت مائع کے ٹمپریچر کو بتدریج بڑھاتی جائے گی ۔ جب مائع کا ٹمپریچر بقدر 5°C کے بڑھ کر θ_2 ہو جائے تو برق رو کو بند کر دو اور سٹاپ واچ کو بھی ساتھ ہی روک کر وقت t کی پیمائش کرو جس میں برق رو لچھے میں چلی ہے ۔ برق رو کے چلنے کے دوران میں ایم میٹر اور وولٹ میٹر پر بھی نظر رکھو اور وقتاً فوقتاً ان کی پیمائش لیتے رہو ۔ ان میں سے ہر آلے کی پیمائش کو اصولاً تو مستقل رہنا چاہیے مگر عملاً اس میں خفیف سے اختلاف آتے رہیں گے اس لیے ہر آلے کی مختلف پیمائشوں کی اوسط نکال کر ہی برق رو I (ایمپیر) اور پوٹانشل E (وولٹ) کی قیمتیں معلوم کی جا سکتی ہیں ۔ اگر مائع کی کمیت m ہو (جسے کلوری میٹر کو پہلے خالی اور پھر مائع سے بھر کر وزن کر کے معلوم کیا جا سکتا ہے)، مائع کی مطلوبہ حرارت مخصوصہ S ہو اور کلوری میٹر کا آب مساوی (Water equivalent) w ہو (جسے علیحدہ طور پر معلوم کرنا چاہیے) تو مائع اور کلوری میٹر کی حاصل کردہ حرارت

$$=(m\,S+w)(\theta_2-\theta_1)$$

یہ حرارت برقی طریقے سے پیدا ہو کر لچھے سے مائع اور کلوری میٹر کو ملی ہے ۔

چونکہ لچھے میں چلنے والی برقی رو I (ایمپیر) ہے ، لچھے کے سروں میں پوٹانشل کا فرق E (وولٹ) ہے ، وقت جس میں یہ برقی رو چلی ہے t ہے ، اس لیے لچھے سے خارج شدہ حرارت

$$=\frac{EI\,t}{J}$$

جب کہ J حرارت کا کارمساوی (Mechanical equivalent) ہے

$\because$ خارج کردہ حرارت = حاصل کردہ حرارت

$$\therefore \quad (mS+w)(\theta_2-\theta_1)=\frac{EI\,t}{J}$$

جس سے S کی قیمت نکالی جا سکتی ہے ۔

یہاں پر یہ امر قابل غور ہے کہ اس تجربے میں مائع کو θ_1 سے θ_2 تک گرم ہونے میں جو وقت t صرف ہوتا ہے وہ کافی زیادہ ہوتا ہے جس کے دوران میں کچھ حرارت اشعاع وغیرہ کے ذریعے خارج ہوتی رہتی ہے ۔ اس لیے صحیح جواب نکالنے کے لیے **اشعاعی تصحیح** (Radiation Correction) کا لگانا بہت ضروری ہے ۔ اس کا ایک آسان طریقہ یہ ہے کہ اس تجربے کو چند شرائط کے ماتحت دھرایا جائے ۔ وہ شرائط یہ ہیں کہ (اول) کلوری میٹر میں جو مائع لیا جائے اس کی کمیت m پہلے تجربے کی کمیت سے مختلف ہو ۔ (دوم) برقی رو اور پوٹانشل کو ایسی قیمتوں I' اور E' پر رکھا جائے جس سے اس مائع کا ٹمپریچر بھی وقت t ہی میں θ_1 سے بڑھ کر θ_2 ہو جائے ۔ یہ صورت ایک دو دفعہ کی آزمائش سے حاصل ہو سکتی ہے ۔ تب اگر t وقت میں اشعاع وغیرہ کے عمل سے پہلے اور دوسرے دونوں تجربوں میں حرارت کا اخراج بقدر H کے ہوا ہو تو پہلے تجربے کے مطابق

$$(m\,S+w)(\theta_2-\theta_1)+H=\frac{EI\,t}{J} \qquad \ldots\ldots(i)$$

دوسرے تجربے کے مطابق

$$(m'S+w)(\theta_2-\theta_1)+H=\frac{E'I't}{J}\ldots\ldots\ldots(ii)$$

(*i*) میں سے (*ii*) کو تفریق کرنے سے

$$(mS+w)\ (\theta_2-\theta_1)+H-(m'S+w)(\theta_2-\theta_1)-H$$

$$=\frac{EIt}{J}-\frac{E'I't}{J}$$

یا $mS(\theta_2-\theta_1)-m'S(\theta_2-\theta_1)$

$$=\frac{(EI-E'I')t}{\quad}$$

یا $S(m-m')(\theta_2-\theta_1)=\frac{(EI-E'I')t}{J}$

$$\therefore\quad S=\frac{(EI-E'I')t}{J(m-m')(\theta_2-\theta_1)}$$

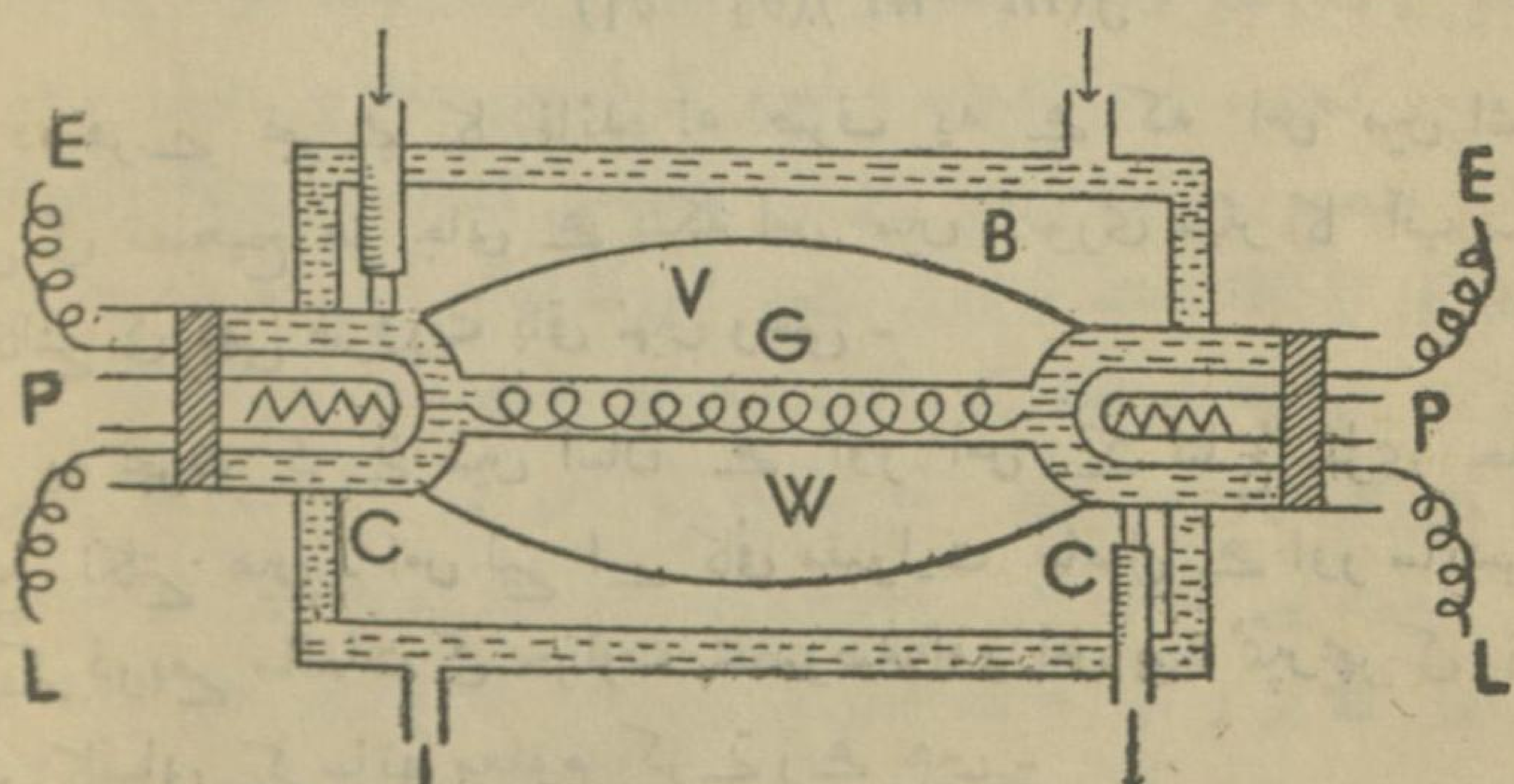
اس دوھرے تجربے کا فائدہ نہ صرف یہ ھے کہ اس میں اشعاعی غلطی کی تصحیح ھو جاتی ھے بلکہ اس میں کلوری میٹر کا آب مساوی w نکالنے کی بھی ضرورت باقی نہیں رھتی -

یہ تجربہ کرنے میں آسان ھے اور اس کے نتائج بڑی حد تک صحیح نکلتے ھیں - اس لیے اسے کافی مقبولیت حاصل ھے اور سائنس دان اس کے ذریعے مائعات کی حرارت مخصوصہ اور اس پر ٹمپریچر کی زیادتی کا اثر کامیابی کے ساتھ معلوم کرتے رھے ھیں -

مائع کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے لیے مسلسل بہاؤ کا برقی طریقہ - یہ طریقہ دو سائنس دانوں کیلنڈر (Callendar) اور بارنز (Barnes) کا ایجاد کردہ ھے اور اس لیے **کیلنڈر اور بارنز کا مسلسل بہاؤ کا طریقہ** (Callendar and Barnes' continuous flow method) کہلاتا ھے - اس طریقے کو ان سائنس دانوں نے مائع کی

حرارت مخصوصہ معلوم کرنے ، پانی کی حرارت مخصوصہ پر ٹمپریچر کے اثر کو دریافت کرنے اور حرارت کا کار مساوی (Mechanical equivalent) نکالنے میں کامیابی سے استعمال کیا تھا ۔ اس کے علاوہ اس طریقے میں کچھ اصلاحیں کرکے اس کے ذریعے کسی گیس کی اس حرارت مخصوصہ کو بھی معلوم کیا جا سکتا ہے جو مستقل دباؤ پر ہوتی ہے (اس کا ذکر آگے آئے گا) ۔

مسلسل بہاؤ کے برق طریقے سے کسی مائع کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے لیے جو آلہ استعمال کیا جاتا ہے وہ شیشے یا کوارٹز کی ایک تنگ نلی G پر مشتمل ہوتا ہے جس کے اطراف میں دو چوڑے برتن لگے ہوتے ہیں ۔ ان برتنوں میں دو نکاس نلیاں جوڑ دی جاتی ہیں ۔ تجربے کے دوران میں ان میں سے ایک نکاس نلی میں سے دیا ہوا مائع داخل اور دوسری میں سے یہ مائع خارج کیا جاتا ہے ۔ تنگ نلی G کے اندر پلاٹینم کے تار کو لپیٹ دے دے کر اور اسے ایک لمبے لچھے W کی صورت میں تبدیل کرکے داخل کر دیتے ہیں ۔ اس تار کے دونوں سروں کے



ساتھ تانبے کی دو موٹی اور چوڑی نلیاں (C اور C) پیوست ہوتی ہیں ، جو تنگ نلی کے پہلوؤں میں لگے ہوئے چوڑے برتنوں میں داخل کی ہوتی ہیں ۔ تانبے کی ان موٹی اور چوڑی نلیوں کے ساتھ دو رہنما تار L اور L جڑے ہوئے ہوتے ہیں جن کے ذریعے پلاٹینم کے لچھے دار تار G کے اندر حسب ضرورت برق رو گزاری جا سکتی ہے ۔ تانبے کی انھیں

موٹی اور چوڑی نلیوں (C اور C) کے ساتھ دو اور رہنما تار (E اور E) بھی لگے ہوتے ہیں جنھیں ایک پوٹانشومیٹر (Potentiometer) کے ساتھ جوڑ کر لچھے W کے سروں کے درمیان پوٹانشل کے فرق کی پیمائش کی جا سکتی ہے ۔ تانبے کی ان چوڑی نلیوں میں سے ہر ایک کے اندر ایک ایک پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر (Resistence thermometer) داخل کیا ہوتا ہے ۔ ان تھرمامیٹروں کے ذریعے نلی G میں بہنے والے مائع کا ٹمپریچر دو مقاموں پر معلوم کیا جاتا ہے ۔ اول جہاں وہ اس نلی کے اندر داخل ہوتا ہے اور دوسرے جہاں وہ نلی کے طول میں بہنے اور اس کے برقی لچھے سے حرارت حاصل کرکے گرم ہونے کے بعد اس میں سے خارج ہوتا ہے ۔ تانبے کی موٹی نلیوں کا ، جن کے بیرونی حصے کے ساتھ پلاٹینم کے لچھے کے سرے جڑے ہوئے ہوتے ہیں اور جن کے اندرون میں مزاحمتی تھرمامیٹر داخل ہوتے ہیں ، فائدہ دوگونہ ہے ۔ تانبا چونکہ حرارت کا بہت عمدہ موصل (Good conductor) ہے اس لیے مزاحمتی تھرمامیٹر کے بلب کا ٹمپریچر تھوڑی دیر میں وہی ہو جاتا ہے جو اندر کے مائع کا ہے ۔ علاوہ ازیں چونکہ تانبے کی یہ نلیاں کافی موٹی ہوتی ہیں اس لیے ان کی مزاحمت بہت کم ہوتی ہے ۔ اس وجہ سے برقی رو کے اثر سے خود آن کے اندر پیدا ہونے والی حرارت اتنی قلیل ہوتی ہے کہ عملی طور پر اسے نظر انداز کیا جا سکتا ہے ۔ تنگ نلی G جو اصلی تجرباتی نلی ہے ایک جیکٹ (Jacket) V کے اندر بند ہوتی ہے اور اس جیکٹ میں سے ہوا خارج کرکے وہاں ایک خلا بنا دیا جاتا ہے ، جس کے باعث خارج ہونے والی حرارت بہت کم رہ جاتی ہے اور اشعاعی تصحیح (Radiation correction) بھی اسی نسبت سے گھٹ جاتی ہے ۔ جیکٹ V بذات خود دھری دیواروں والے ایک باتھ (Bath) B کے اندر رکھا ہوتا ہے جس کی دھری دیواروں کے اندر ٹھنڈا پانی بھرا رہتا ہے ۔ ٹھنڈے پانی کے بہنے سے باتھ کا اپنا ٹمپریچر ایک خاص قیمت پر برقرار رہتا ہے جس سے اشعاعی تصحیح کی قیمت (جو پہلی تدبیر سے بہت کم کی ہوتی ہے) ایک مستقل قیمت اختیار کر لیتی ہے ۔

تجربہ کرنے کے لیے تجرباتی نلی G کے اندر مائع کے بہاؤ کو جاری کر دو اور ساتھ ہی اس نلی کے اندر کے لچھے W میں برقی رو گزارنی شروع کر دو - یہ برقی رو لچھے کے اندر حرارت پیدا کرتی ہے اور لچھا یہ حرارت بہنے والے مائع کو دیتا ہے جس کا ٹمپریچر بڑھنے لگتا ہے - کچھ عرصہ کے بعد یہ کیفیت آ جاتی ہے کہ نلی G کے اندر داخل ہونے والے مائع کا ٹمپریچر θ_1 اور نلی سے خارج ہونے والے مائع کا ٹمپریچر θ_2 (جو پہلے ٹمپریچر θ_1 سے کافی اونچا ہو جاتا ہے) دونوں اپنی اپنی قیمتوں پر برقرار ہو جاتے ہیں اور جہاں تک ٹمپریچر کا تعلق ہے مائع کے اندر برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے - اس وقت مزاحمتی تھرمامیٹر کی مدد سے ان ٹمپریچروں یعنی θ_1 اور θ_2 کی پیمائش صحیح صحیح کر لو - اسی وقت ایک سٹاپ واچ کی مدد کسی مناسب وقفے یعنی وقت t کے اندر نلی G میں سے بہنے والے مائع کو ایک بیکر میں جمع کرو اور ترازو سے اس کی کمیت m نکالو - علاوہ ازیں پوٹانشومیٹر کی مدد سے لچھے W کے آر پار پوٹانشل کا فرق E ناپو اور ایک ایم میٹر کے ذریعے اس کے اندر بہنے والی برقی رو I کی قیمت بھی دریافت کرو - برقی رو کی یہ قیمت I ، ایم میٹر کے بغیر یعنی مذکورہ پوٹانشومیٹر کی مدد سے بھی معلوم کی جا سکتی ہے جس کی صورت یہ ہے کہ برقی سرکٹ کے اندر کسی مقام پر ایک اوہم (Ohm) کی مزاحمت کا ایک معیاری کوائل (Standard coil) ایک سلسلے میں (In series) جوڑ دیا جاتا ہے اور پھر پوٹانشومیٹر کو اس کے آر پار لگا کر اس کے سروں کے درمیان پوٹانشل کا فرق وولٹ میں ناپا جاتا ہے - چونکہ اوہم کے قانون کے مطابق $\frac{\text{وولٹ}}{\text{ایمپیر}}$ اوہم کے برابر ہوتا ہے اور یہاں اوہم کی قیمت ایک ہے اس لیے پوٹانشل کا فرق جتنے وولٹ نکلتا ہے سرکٹ میں بہنے والی برقی رو ، I کی قیمت اتنے ہی ایمپیر ہوتی ہے اور اس طرح یہ قیمت معلوم ہو جاتی ہے - اب اگر مائع کی حرارت مخصوصہ S ہو تو t سیکنڈ میں بہنے والے مائع m گرام کی حاصل کردہ حرارت $mS\,(\theta_2-\theta_1)$ ہوگی اور اگر خارج ہونے والی

حرارت H ہو تو کل حرارت جو برق رو سے پیدا ہو کر مائع کو پہنچ رہی ہے

$$=mS(\theta_2-\theta_1)+H$$

اب t سیکنڈ میں برق رو سے پیدا ہو کر مائع کو ملنے والی حرارت $\frac{EIt}{J}$ ہے جب کہ J حرارت کا کار مساوی (Mechanical equivalent) ہے

$$\therefore \quad mS\,(\theta_2-\theta_1)+H=\frac{EIt}{J}$$

اس سے حرارت مخصوصہ S کو دریافت کرنے کے دو طریقے ہیں۔

پہلا طریقہ ۔ چونکہ مذکورہ آلے کے خاص ڈیزائن کے باعث اس میں اشعاع کے ذریعے حرارت کا اخراج H بے حد قلیل رہ جاتا ہے اس لیے اس طریقے میں اس کو عملی طور پر نظر انداز کر دیا جاتا ہے ۔ اس پر

$$mS\,(\theta_2-\theta_1)=\frac{EIt}{J}$$

$$\therefore \quad S=\frac{EIt}{Jm\,(\theta_2-\theta_1)}$$

دوسرا طریقہ ۔ اس طریقے میں H حذف نہیں کیا جاتا ہے بلکہ ایک دوسرے تجربے سے اس کو ساقط (Eleminate) کر دیا جاتا ہے ۔ اس لحاظ سے یہ دوسرا طریقہ پہلے سے زیادہ صحیح ہے ۔ اس دوسرے طریقے کی تفصیل یہ ہے کہ جب پہلے تجربے سے m ، $(\theta_2-\theta_1)$ ، E ، I اور t کی پیمائش ہو چکتی ہیں تو E اور I کی قیمتیں بدل کر E' اور I' کر دی جاتی ہیں ۔ اس سے لچھے W میں حرارت ایک نئی شرح سے پیدا ہونے لگتی ہے جو پہلی شرح سے زیادہ یا کم ہو سکتی ہے ۔ اس وقت نلی G میں مائع کے بہاؤ کی شرح کو بھی اس طور سے زیادہ یا کم کیا جاتا ہے کہ مائع کا ٹمپریچر داخل ہونے کے مقام پر پہلے کی طرح θ_1 اور خارج ہونے کے مقام پر پہلے کی طرح θ_2 ہو جائے اور

اُن قیمتوں پر بر قرار رہے ۔ پھر وقت t میں بہنے والے مائع کی کمیت m' ترازو سے معلوم کر لی جاتی ہے ۔ یہ وقت t وہی لیا جاتا ہے جو پہلے تجربے میں لیا گیا تھا ۔ البتہ چونکہ مائع کا بہاؤ اب مختلف شرح سے ہوتا ہے اس لیے وقت t میں بہنے والے مائع کی قیمت جو پہلے تجربے میں m تھی اس دوسرے تجربے میں m' ہو جاتی ہے ۔ اب پہلے تجربے کے مطابق

$$mS\ (\theta_2-\theta_1)+H=\frac{EIt}{J}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (i)$$

اور دوسرے تجربے کے مطابق

$$m'S(\theta_2-\theta_1)+H=\frac{E'I't}{J}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (ii)$$

(ii) میں سے (i) کو تفریق کرنے سے

$$S\ (m-m')\ (\theta_2-\theta_1)=\frac{(EI-E'I')\ t}{J}$$

$$\therefore\qquad S=\frac{(EI-E'I')\ t}{J(m-m')\ (\theta_2-\theta_1)}$$

نوٹ ۔ جیسا کہ پہلے بیان کیا جا چکا ہے مذکورہ بالا طریقہ دو سائنس دانوں کیلنڈر اور بارنز کی اختراع ہے جنھوں نے اس طریقے سے بہت سے مائعات کی حرارت مخصوصہ معلوم کی ۔ علاوہ ازیں انہوں نے اپنے تجربے میں ایسے مائع کا استعمال کرکے جس کی حرارت مخصوصہ S کسی اور طریقے سے پہلے معلوم کی جا چکی تھی حرارت کے کار مساوی (Mechanical equivalent) J کی قیمت بھی معلوم کی ۔ اس مقصد کے لیے مندرجہ بالا مساوات یوں تبدیل کر لی جاتی ہے

$$J=\frac{(EI-E'I')\ t}{S\ (m-m')\ (\theta_2-\theta_1)}$$

بارنز (Barnes) نے اسی طریقے سے پانی کی حرارت مخصوصہ پر ٹمپریچر کے اثر کی تحقیقات کی جس کی تفصیل آگے آتی ہے :

کیلنڈر (Callendar) نے اپنے اس آلے میں تھوڑی سی تبدیلی کرکے اس کے ذریعے پارے کی حرارت مخصوصہ نکالی۔ پارے کی صورت میں اس نے تنگ نلی G میں سے پلاٹینم کے تار کے لچھے W کو اس میں سے نکال دیا کیونکہ پارہ جو برق کا بہت عمدہ موصل ہے بذات خود اس لچھے کا کام دیتا تھا۔ چنانچہ بیٹری سے جو برقی رو آتی تھی وہ پارے کے اس کالم میں گزر جاتی ہے اور اسے حرارت پہنچا کر ٹمپریچر کی مطلوبہ تبدیلی پیدا کر دیتی تھی۔ اس طرح پارہ ایک طرف زیر تجربہ مائع کا اور دوسری طرف برقی رو سے حرارت پیدا کرنے والے موصل کا کام دیتا تھا۔

ٹمپریچر کے ساتھ پانی کی حرارت مخصوصہ میں تبدیلی۔

کیلنڈر اور بارنز نے پانی کی حرارت مخصوصہ پر ٹمپریچر کی تبدیلی کے اثر کے بارے میں جو تحقیقات کی ہیں ان کے مطابق پانی کی حرارت مخصوصہ 0°C سے قریباً 40°C تک بتدریج تھوڑی کم ہوتی جاتی ہے۔ 0°C پر پانی کی حرارت مخصوصہ I سے ذرا زیادہ یعنی 1·0093 ہوتی ہے۔ 5°C پر یہ اس قیمت سے گھٹ کر 1·0047 اور 10°C پر 1·0019 رہ جاتی ہے اور 15°C پر یہ قیمت پوری ایک ہوتی ہے (اور اس لیے اوپر کی قیمتوں کے مقابلے میں 1·0000 لکھی جاتی ہے)۔ اس کے بعد یہ مزید گھٹتی ہے۔ چنانچہ 20°C پر اس کی قیمت 1 کی بجائے 0·9988 ہوتی ہے۔ 35°C اور 40°C کے درمیان اس کی قیمت سب سے کم یعنی 0·9973 نکلتی ہے۔ اس سے اوپر کے ٹمپریچروں میں اس کی قیمت بتدریج بڑھنے لگتی ہے۔ چنانچہ 50°C پر یہ قیمت 0·9975 اور 70°C پر ایک بار پھر پوری ایک (یعنی 1·0000) ہو جاتی ہے۔ اس کے بعد وہ ایک سے بڑھتی ہے اور 90°C پر 1·0036 ہو جاتی ہے۔ یہ تمام تفصیل ذیل کے نقشے میں دی گئی ہے جس کے پہلے خانے میں ٹمپریچر کے درجے اور دوسرے خانے میں پانی کی حرارت مخصوصہ کی قیمت درج ہے۔

ٹمپریچر	پانی کی حرارت مخصوصہ	ٹمپریچر	پانی کی حرارت مخصوصہ
0°C	1·0093	40°C	0·9973
5°C	1·0047	45°C	0·9975
10°C	1·0019	50°C	0·9978
15°C	1·0000	60°C	0·9987
20°C	0·9988	70°C	1·0000
25°C	0·9980	80°C	1·0017
30°C	0·9976	90°C	1·0036
35°C	0·9973		

اس نقشے کے مطالعے سے ظاہر ہوتا ہے کہ پانی کی حرارت مخصوصہ 35°C اور 40°C کے درمیان سب سے کم یعنی 0·9973 ہوتی ہے اور اس سے آوپر اور نیچے بتدریج بڑھتی جاتی ہے - چنانچہ جہاں وہ اس ٹمپریچر سے نیچے 15°C پر بڑھ کر ایک ہوجاتی ہے وہاں اس ٹمپریچر سے آوپر 70°C پر بھی اس کی قیمت ہی ایک ہوتی ہے - 70°C سے آوپر اور 15°C سے نیچے اس کی قیمت ایک سے خفیف سی بڑھتی جاتی ہے -

کلوری کی تعریف اور اس کی قیمت کا تعین - ٹمپریچر کے ساتھ پانی کی حرارت مخصوصہ کے اختلاف کے باعث حرارت کی اکائی کلوری کی تعریف میں پانی کے ٹمپریچر کا ذکر کرنا بھی ضروری ہو جاتا ہے - کلوری کی تعریف اصولی طور پر یوں کی جاتی ہے کہ یہ حرارت کی وہ مقدار ہے جو ایک گرام پانی کو 1°C تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے - دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ کلوری

عددی طور پر پانی کی حرارت مخصوصہ کے برابر ہوتی ہے - مگر پانی کی حرارت مخصوصہ تو ٹمپریچر کے ساتھ تھوڑا تھوڑا بدلتی جاتی ہے ، پھر کلوری کی قیمت کا تعین کرنے کے لیے اس کی کونسی قیمت لی جائے - سائنس دانوں نے اس کا ایک حل یہ پیش کیا ہے کہ پانی کے ایک گرام کو 14·5°C سے 15·5°C تک گرم کرنے میں جو حرارت درکار ہو اس کو ایک کلوری مانا جائے - اسے 15°C کلوری (15°C calorie) کا نام دیا گیا ہے - حرارت مخصوصہ کا جو نقشہ اوپر دیا دیا ہے اس میں کلوری کو 15°C کلوری ہی شمار کیا گیا ہے اور اس وجہ سے اس نقشے میں 15°C پر پانی کی حرارت مخصوصہ پوری 1 یعنی 1 کلوری کے عین برابر ہے -

کلوری کی، ایک اور قسم بھی ہے جو **اوسط کلوری** کہلاتی ہے - یہ ایک لحاظ سے 0°C اور 100°C کے درمیان پانی کی حرارت مخصوصہ کی تمام قیمتوں کی اوسط کے برابر ہے اور اسی وجہ سے اس کو اوسط کلوری (Mean calorie) کا نام دیا گیا ہے - تجربے کے مطابق ایک گرام پانی کو مائع حالت میں 0°C سے 100°C تک گرم کرنے میں حرارت کی جو مقدار صرف ہوتی ہے ، اس کا $\frac{1}{100}$ حصہ یہ اوسط کلوری ہے - اوسط کلوری 15°C کلوری سے خفیف سی بڑی ہے -

کلوری اور حرارت کا کار مساوی - جب حرارت کو کام کی اکائیوں میں تبدیل کیا جائے تو 15°C کلوری کی قیمت $4·186 \times 10^7$ ارگ نکلتی ہے - اس پر برطانوی مجلس (British association) کے سائنس دانوں نے یہ تجویز پیش کی ہے کہ کلوری کی تعریف میں کام کی اکائی سے مدد لی جائے اور کلوری کو حرارت کی وہ مقدار مانا جائے جو ٹھیک ٹھیک $4·2 \times 10^7$ کے برابر ہو- ان کا کہنا ہے کہ اس طرح حرارت اور کام یا توانائی کی اکائیوں کو ایک دوسرے میں تحویل کرنا آسان ہو جائے گا - مگر دوسرے سائنس دانوں نے اس سے اتفاق نہیں کیا ، کیونکہ پانی کی حرارت مخصوصہ کسی ٹمپریچر پر ایسی نہیں ہوتی جسے کام کی اکائیوں میں $4·2 \times 10^7$ سے تعبیر کیا جائے - اس لیے سائنس کے

کاموں میں جہاں اعلیٰ درجے کی صحت درکار ہوتی ہے، 15°C کلوری ہی مستعمل ہے -

گیسوں کی حرارت مخصوصہ - ٹھوس اور مائع چیزوں کی حرارت مخصوصہ پر دباؤ کے عام اختلاف کا کچھ اثر نہیں ہوتا ، لیکن گیسوں کی حرارت مخصوصہ میں دباؤ کے اختلاف کے باعث بہت زیادہ فرق آ جاتا ہے - اس لیے گیسوں کی حرارت مخصوصہ کے بیان میں دباؤ کا لحاظ رکھنا نہایت ضروری ہو جاتا ہے - اس کی مزید وضاحت کے لیے کسی گیس کی ایک گرام کمیت کو زیر غور لاؤ - تعریف کے مطابق اس کی حرارت مخصوصہ حرارت کی وہ مقدار ہے جسے جب یہ گیس باہر سے جذب کرلیتی ہے تو اس کا ٹمپریچر بقدر 1°C کے بڑھ جاتا ہے - اب اس گیس کو باہر سے تو گرم نہ کرو مگر اس کے دباؤ کو بڑھاتے جاؤ - تو دباؤ کے بڑھنے سے بھی اس کا ٹمپریچر بڑھنے لگے گا اور عین ممکن ہے کہ وہ بڑھتے بڑھتے بقدر 1°C کے زیادہ ہو جائے - اس وقت گیس کو باہر سے حرارت پہنچائے بغیر حرارت مخصوصہ کی شرط یعنی ایک گرام کمیت میں 1°C ٹمپریچر کی زیادتی پوری ہو جائے گی - اس لیے گیس کی حرارت مخصوصہ صفر ہو گی -

اب اسی گیس پر ایک اور عمل کرو - اسے باہر سے آہستہ آہستہ حرارت پہنچانا شروع کرو مگر ساتھ ساتھ ہی اس پر دباؤ کم کرتے جاؤ - بیرونی حرارت سے اس کا ٹمپریچر بڑھے گا، مگر دباؤ کے کم کرنے سے جب یہ گیس پھیلے گی تو اس کا ٹمپریچر گرے گا اور یہ عین ممکن ہے کہ ان دونوں مخالف عملوں کے ماتحت گیس کا ٹمپریچر برقرار رہے یا وہ نہایت ہی آہستگی سے اوپر بڑھے - ان میں سے پہلی صورت میں گیس کی حرارت مخصوصہ لامتناہی (Infinite) ہو جائے گی اور دوسری صورت میں اس کی قیمت بے حد زیادہ بڑھی ہوئی ہو گی - اس بحث سے ظاہر ہے کہ کسی گیس کی حرارت مخصوصہ کا اس کے دباؤ کے ساتھ گہرا تعلق ہے اور جب تک دباؤ کا تعین نہ کیا جائے اس کی حرارت مخصوصہ کی کوئی واضح قیمت حاصل نہیں ہو سکتی - اس وجہ سے سائنس دان

مندرجہ ذیل دو طریقوں سے دباؤ کا تعین کرتے ہیں جس سے ہر گیس کے لیے دو دو حرارت مخصوصہ حاصل ہوتی ہیں ۔

(اول) جب گیس کو حرارت پہنچائی جائے تو اس کے حجم کو ساتھ ساتھ اس طور سے بڑھنے دیا جائے کہ گیس کا دباؤ مستقل رہے ۔ اس شرط کے ماتحت ایک گرام گیس کو $1°C$ تک گرم کرنے کے لیے جو حرارت درکار ہوتی ہے اس کو **مستقل دباؤ پر گیس کی حرارت مخصوصہ** کہتے ہیں ۔ اسے C_p سے ظاہر کیا جاتا ہے ۔

(دوم) جب گیس کو حرارت پہنچائی جائے تو اس کے حجم کو بالکل نہ بڑھنے دیا جائے ، البتہ حجم کے برقرار رہنے سے اس کے دباؤ میں جتنی زیادتی ہونی چاہیے اسے ہونے دیا جائے ۔ اس شرط کے ماتحت ایک گرام گیس کو $1°C$ تک گرم کرنے کے لیے جو حرارت درکار ہوتی ہے اس کو **مستقل حجم پر گیس کی حرارت مخصوصہ** کہتے ہیں ۔ اس کو C_v سے ظاہر کیا جاتا ہے ۔

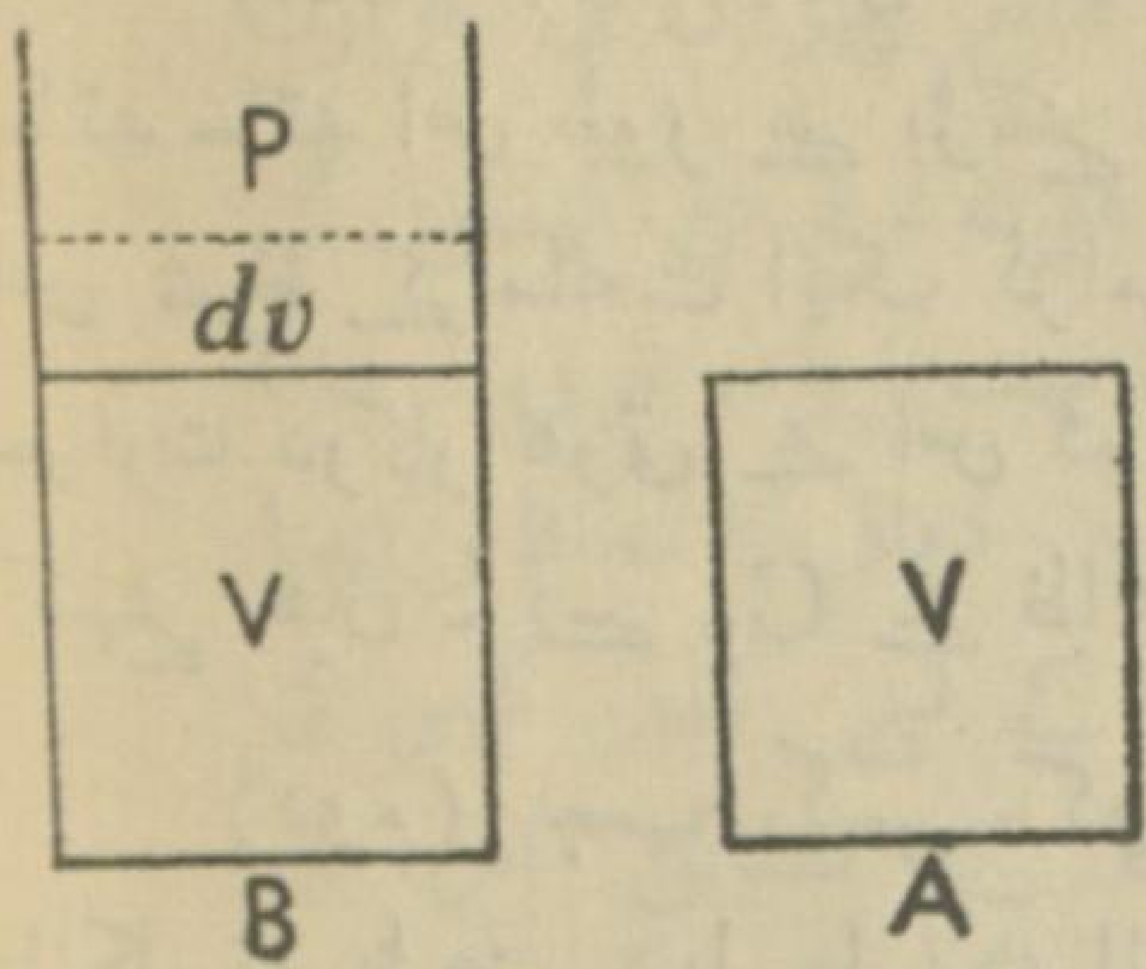
اوپر کے بیان کی روشنی میں ہم مستقل دباؤ پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ اور مستقل حجم پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ کی تعریف یوں کر سکتے ہیں ۔

مستقل حجم پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ حرارت کی وہ مقدار ہے جو اس گیس کے ایک گرام کو $1°C$ تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے جب کہ گیس کے حجم کو مستقل رکھا جائے ۔ اسے C_v سے تعبیر کیا جاتا ہے ۔

مستقل دباؤ پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ حرارت کی وہ مقدار ہے جو اس گیس کے ایک گرام کو $1°C$ تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے جب کہ گیس کے دباؤ کو مستقل رکھا جائے ۔ اسے C_p سے تعبیر کیا جاتا ہے ۔

مستقل دباؤ پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ (C_p) مستقل حجم پر اس گیس کی حرارت مخصوصہ (C_v) سے زیادہ ہوتی ہے ۔ فرض کیجیے کہ ہمارے پاس دو سلنڈر A اور B ہیں جن میں ایک ایک گرام

گیس بھری ہے - سلنڈر A کا منہ ایک پکے اور مضبوط ڈھکنے سے بند ہے - اس لیے اس کے اندر کی گیس کا حجم مستقل رہتا ہے ، کم یا زیادہ نہیں ہو سکتا - سلنڈر B کے منہ پر جو ڈھکنا لگا ہے وہ ایک ڈاٹ یا پسٹن



(Piston) کی صورت کا ہے جو اوپر نیچے ہو سکتا ہے اور اس وجہ سے اس کے اندر کی گیس کا حجم کم یا زیادہ ہو جاتا ہے - سلنڈر A اور سلنڈر B دونوں کو گرم کرو - سلنڈر A کے اندر کی گیس چونکہ گرم ہونے سے پھیل نہیں سکتی اس لیے اس کو جو حرارت ملتی ہے وہ تمام کی تمام اس کی اندرونی توانائی یا دوسرے لفظوں میں اس کے ٹمپریچر کو بڑھانے میں صرف ہو جاتی ہے - اگر یہ حرارت اتنی ہو جس سے اس گیس کا ٹمپریچر بقدر $1^\circ C$ کے زیادہ ہو جائے تو یہ مستقل حجم پر گیس کی حرارت مخصوصہ (C_v) ہو گی -

سلنڈر B کا ڈھکنا چونکہ ایسا ہے جو اوپر نیچے ہو سکتا ہے ، اس لیے اس کی اندر کی ہوا کو جب حرارت ملے گی تو وہ پھیلے گی اور اس کا ڈھکنا اوپر کو اٹھے گا ، یہاں تک کہ اس کا اندرونی دباؤ (گیس کے پھیل جانے کے باعث) بیرونی دباؤ کے برابر ہوجائے گا - یہ گیس حرارت کی جو مقدار حاصل کرے گی اس کا ایک حصہ گیس کا ٹمپریچر بڑھانے میں اور اس کا باقی حصہ گیس کو پھیلانے میں صرف ہو جائے گا کیونکہ گیس جب پھیلتے وقت ڈھکنے کو جو ڈاٹ یعنی پسٹن کی صورت میں لگا ہوا ہے ، باہر کو دھکیلے گی تو اسے کام کرنا ہوگا اور اس کی حاصل کردہ حرارت کا ایک جزو اس کام میں صرف ہو جائے گا - اس حالت میں اگر گیس کو ملنے والی کل حرارت اتنی ہو کہ بیرونی کام کرنے کے علاوہ اس سے گیس کا اپنا ٹمپریچر بھی بقدر $1^\circ C$ کے بڑھ جائے تو یہ کل حرارت مستقل دباؤ پر گیس کی حرارت مخصوصہ C_p ہوگی -

اوپر کی تشریح سے واضح ہے کہ C_v وہ حرارت ہے جو ایک گرام

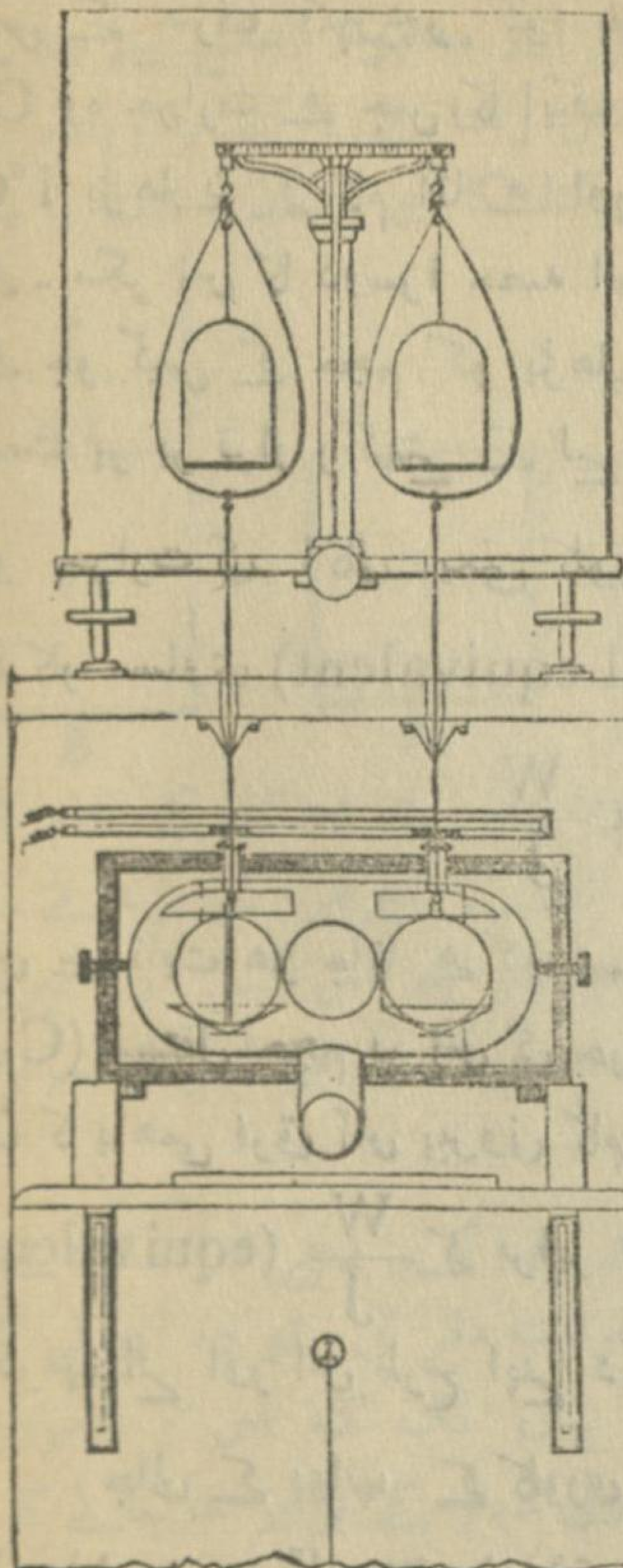
گیس کے صرف ٹمپریچر کو بقدر 1°C بڑھانے کے کام آتی ہے - لیکن C_p وہ حرارت ہے جس کا ایک حصہ تو ایک گرام گیس کے ٹمپریچر کو بقدر 1°C بڑھانے کے کام آتا ہے اور اس لیے یہ حصہ C_v کے برابر ہوتا ہے - مگر اس کا دوسرا حصہ اس بیرونی کام کو کرنے میں صرف ہو جاتا ہے جو گیس کے حجم کو بڑھانے اور اس طرح اس کے دباؤ کو پہلی قیمت پر بر قرار رکھنے کے لیے ضروری ہوتا ہے - اگر یہ کام W ہو تو حرارت کی اکائی یعنی کلوری میں یہ $\frac{W}{J}$ ہوگا جب کہ J حرارت کا کار مساوی (Mechanical equivalent) ہو - پس

$$C_p = C_v + \frac{W}{J}$$

اس سے ثابت ہو جاتا ہے کہ مستقل دباؤ پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ (C_p) مستقل حجم پر اس کی حرارت مخصوصہ (C_v) سے زیادہ ہوتی ہے اور ان کا باہمی فرق اس بیرونی کام (W) کے حرارتی مساوی (Thermal equivalent) $\frac{W}{J}$ کے برابر ہوتا ہے جو دوسری صورت میں گیس کو پھیلنے اور اس طرح اپنے دباؤ کو برقرار رکھنے میں کرنا پڑتا ہے -

جالی کے بھاپ کے کلوری میٹر (Joly's steam calorimeter) کی مدد سے مستقل حجم پر دی ہوئی گیس کی حرارت مخصوصہ (C_v) معلوم کرنا - یہ طریقہ اور اس میں استعمال ہونے والا آلہ ایک سائنس دان جالی (Joly) کے ساتھ منسوب ہے - اس میں دھات کے دو کرّے (Sphere) کام میں لائے جاتے ہیں جس میں سے ایک کے اندر گیس بھری ہوتی ہے اور دوسرے کے اندر خلا پیدا کیا ہوتا ہے - ان دونوں کروں پر بھاپ گزاری جاتی ہے اور جتنی جتنی بھاپ ہر کرے پر تکثیف ہوتی ہے اس کا فرق معلوم کیا جاتا ہے - ان وجوہ سے یہ آلہ **بھاپ کا تفرقی کلوری میٹر** (Differential steam calorimeter) کہلاتا ہے -

یہ دونوں کرے تانبے کی پتلی چادر کے بنے ہوتے ہیں اور ان کا سائز اور وزن برابر ہوتا ہے جس کے باعث ان کی حرارتی گنجائش



(Thermal capacity) ایک سی ہوتی ہے - یہ دونوں کرے پلاٹینم کے باریک تاروں کے ذریعے ایک حساس (Sensitive) ترازو کے پلڑوں کے ساتھ لٹکائے جاتے ہیں اور بذات خود وہ ایک بند خانے یعنی چیمبر (Chamber) کے اندر داخل کیے ہوتے ہیں جس کے اندر خشک بھاپ بھری جا سکتی ہے -

تجربہ کرنے کے لیے دونوں کروں A اور B میں سے ہوا خارج کر کے خلا پیدا کرو - پھر ترازو کے دائیں پلڑے سے کرہ A کو اور بائیں پلڑے سے کرہ B کو لٹکاؤ اور دائیں یا بائیں پلڑے میں حسب ضرورت اتنے چھوٹے باٹ ڈالو کہ ترازو کی ڈنڈی سیدھی ہوجائے - اب گولے B میں دی ہوئی گیس جس کی حرارت مخصوصہ C_v نکالنی مطلوب ہے بھرو اور اسے اپنی جگہ پر لٹکا دو - گیس کے بھر جانے سے کرہ B بھاری ہو جائے گا اور ترازو کی ڈنڈی اس طرف کو جھک پڑے گی - دوسرے پلڑے میں اتنے باٹ ڈالو جس سے ڈنڈی سیدھی ہو جائے تو یہ باٹ گیس کی کمیت M کو ظاہر کریں گے جو اس طرح معلوم ہو جائے گی -

دونوں گولے جس خانے یعنی چیمبر میں لٹک رہے ہیں اس کا ٹمپریچر t_1 تھرمامیٹر سے ناپو اور پھر اس کے اندر خشک بھاپ داخل کرو - بھاپ ہر گولے کو حرارت دے کر اسے اپنے ٹمپریچر t_2 تک گرم کرے گی جو تھرمامیٹر سے معلوم کیا جا سکتا ہے اور حرارت کے اس اخراج سے بھاپ مائع حالت میں یعنی پانی کے قطروں میں تبدیل

ہو جائے گی - یہ قطرے ان کشتی نما برتنوں میں جو گولوں کے نیچے لگے ہوئے ہیں جمع ہو جائیں گے - اب چونکہ کرہ A اندر سے خالی ہے اس لیے وہ صرف اتنی حرارت بھاپ سے حاصل کرے گا جتنی اس کے تانبے کے خول کو بھاپ کے ٹمپریچر تک گرم ہونے کے لیے درکار ہے اور اسی نسبت سے بھاپ اس سے لگ کر پانی میں تبدیل ہوگی - مگر کرہ B کے اندر گیس بھری ہوئی ہے ، اس لیے وہ بھاپ سے اتنی حرارت حاصل کرے گا جتنی اس کے تانبے کے خول اور اس خول کے اندر محصور گیس دونوں کو بھاپ کے ٹمپریچر تک گرم ہونے میں مطلوب ہے اور اسی نسبت سے بھاپ اس سے لگ کر پانی میں منتقل ہوگی - اس کا مطلب یہ ہے کہ بھاپ کے تکثیف (Condense) ہونے سے جتنا پانی کرہ A کے کشتی نما برتن میں جمع ہوگا کرہ B کے کشتی نما برتن میں جمع ہونے والا پانی اس سے زیادہ ہوگا اور یہ زیادتی بھاپ کی اس مقدار کو ظاہر کرے گی جس نے کرہ B کی محصور گیس کو اپنی حرارت دی ہے - زائد پانی کے اس طورجمع ہونے کے باعث ترازو کی ڈنڈی یک بار پھر بائیں طرف کو جھک جائے گی - دائیں پلڑے میں اتنے باٹ ڈالو جس سے ڈنڈی سیدھی ہو جائے تو یہ باٹ زائد پانی کی کمیت m کو ظاہر کریں گے اور یہی کمیت m اس بھاپ کی ہوگی جس نے M کمیت کی گیس کو t_1 سے t_2 تک گرم ہونے میں حرارت دی ہے اور اس طرح وہ خود پانی میں تبدیل ہوئی ہے - اگر بھاپ کی مخفی حرارت L ہو تو بھاپ کی خارج کردہ حرارت

$$=m\,L$$

اگر گیس کی حرارت مخصوصہ مستقل حجم پر (جیسا کہ گولے B کا رہتا ہے) C_v ہو تو گیس کی حاصل کردہ حرارت

$$=M\times C_v\times\ (t_2-t_1)$$

∵ خارج کردہ حرارت = حاصل کردہ حرارت

$$\therefore\quad M\times C_v\ (t_2-t_1)=m\,L$$

$$\therefore\quad C_v=\frac{m\,L}{M\ (t_2-t_1)}$$

اس طرح L کے پہلے معلوم ہونے ، M ، t_1 اور t_2 کو ناپنے اور m کو تجربے سے دریافت کرنے سے مستقل حجم پر گیس کی حرارت مخصوصہ C_v کی قیمت معلوم ہو سکتی ہے ۔

زیادہ اچھا نتیجہ نکالنے کے لیے اس تجربے کو کرے تبدیل کر کے دھراؤ یعنی دوسری بار دائیں کرے A میں گیس کو بھرو اور بائیں کرے B میں خلا پیدا کرو اور پھر یہی تجربہ کرو ۔ آخر میں دونوں تجربوں سے C_v کی جو قیمتیں حاصل ہوں ان کی اوسط نکال لو ۔ اس طریقے سے کروں کی حرارتی گنجائش کے اختلاف سے پیدا ہونے والی غلطی دور ہو جاتی ہے اور نتیجہ زیادہ صحیح حاصل ہوتا ہے ۔

نوٹ ۔ اس تجربے میں غلطی کا ایک ماخذ یہ ہے کہ جب کرے بھاپ کے ٹمپریچر تک گرم ہوتے ہیں تو وہ کسی قدر پھیل بھی جاتے ہیں ۔ اس لیے جس کرے میں گیس محصور ہوتی ہے اس کے قدرے پھیل جانے سے اس گیس کا حجم بھی خفیف سا زیادہ ہو جاتا ہے ۔ لیکن عملی طور پر یہ غلطی اتنی قلیل ہوتی ہے کہ اسے آسانی سے نظر انداز کیا جا سکتا ہے ۔

اس تجربے میں مندرجہ ذیل احتیاطیں کی جاتی ہیں ۔

۱ ۔ کروں کے اوپر دو ڈھالیں (Shield) چھت میں لگائی جاتی ہیں تاکہ بھاپ کے چھت وغیرہ کے ساتھ لگنے سے پانی کے جو قطرے پیدا ہوں وہ ان ڈھالوں پر سے نیچے بہہ جائیں اور وہ کروں کے اوپر نہ پڑیں ۔

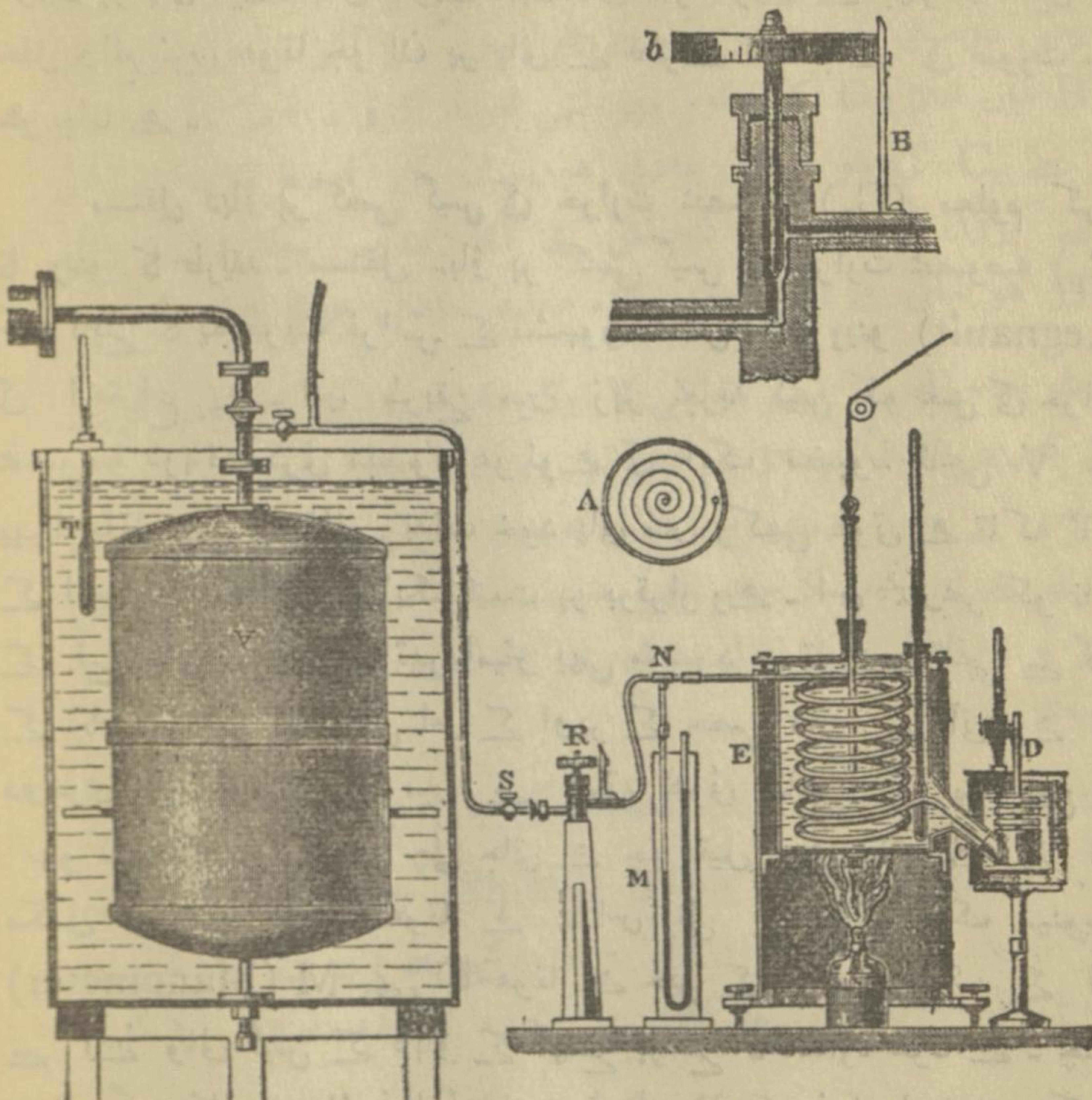
۲ ۔ کروں کو ترازو کے پلڑوں کے ساتھ لٹکانے والے تار جن سوراخوں میں سے چیمبر کے اندر آتے ہیں ، ان میں پلاسٹر آف پیرس کا استر لگا ہوتا ہے تاکہ بھاپ کے چند قطرے اگر ان سوراخوں میں بہنے لگیں تو وہ پلاسٹر میں جذب ہو جائیں ۔

علاوہ ازیں انہیں سوراخوں سے کچھ اوپر دونوں تاروں کے گرد ایک ایک لچھا موجود ہوتا ہے جس میں برق رو گزار کر اسے گرم

رکھا جاتا ہے ۔ یہ لچھے کرے کے تاروں کے ساتھ مس نہیں کرتے ، اس لیے تاروں کی حرکت میں ان کی وجہ سے کچھ خلل نہیں آتا ۔ لیکن وہ اپنی حرارت تاروں کو دیتے ہیں جس سے تار اس حصے پر گرم ہو جاتے ہیں ۔ اس کا فائدہ یہ ہے سوراخوں میں سے نکلنے والی بھاپ تاروں پر پانی میں منتقل ہونے نہیں پاتی اور تاروں کے جھولاؤ میں وہ خلل واقع نہیں ہوتا جو ان پر پانی کے قطرے لگ جانے کی صورت میں ہو جاتا ہے ۔

مستقل دباؤ پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ (C_p) معلوم کرنے کا رینو کا طریقہ ۔ مستقل دباؤ پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ (C_p) کو ناپنے کا یہ طریقہ فرانس کے مشہور سائنس دان **رینو** (Regnault) کی اختراع ہے ۔ اس طریقے میں زیر تجربہ گیس کو جس کی حرارت مخصوصہ دریافت کرنی مقصود ہو لوہے کی ایک مضبوط ٹانچی V میں بھرا جاتا ہے ۔ یہ ٹانچی بذات خود پانی میں رکھی ہوتی ہے تاکہ ٹانچی کے اندر گیس کا ٹمپریچر ایک قیمت پر برقرار رہے ۔ اس ٹمپریچر کو ناپنے کے لیے پانی میں ایک تھرمامیٹر بھی موجود ہوتا ہے ۔ ٹانچی سے گیس کے نکاس کے لیے ایک نلی اس کے اوپر کے حصے میں سے آتی ہے اور دوسری نلی ٹونٹی R میں سے ہوتی ہوئی تانبے کے ایک پیچ دار کھوکھلے لچھے C میں چلی جاتی ہے جو تیل کے باتھ E کے اندر مکمل طور پر ڈوبا ہوتا ہے ۔ اس نلی کے ساتھ ایک مینومیٹر M (Manometer) بھی لگا ہوتا ہے جس کے ذریعے ٹینک کے اندر سے آنے والی گیس کے دباؤ کے گھٹنے بڑھنے کا اندازہ ہوتا ہے ۔ چنانچہ جونہی گیس کا یہ دباؤ ذرا گھٹتا ہے ٹونٹی R کو ذرا سا زیادہ کھول دیا جاتا ہے یہاں تک کہ وہ دباؤ (جسیا کہ مینومیٹر سے ظاہر ہوتا ہے) پہلی قیمت پر ہی آ جاتا ہے ۔ اس طرح نکاس نلی میں مسلسل بہنے والی گیس کا دباؤ مستقل رہتا ہے ۔ تانبے کا پیچ دار لچھا C جس کے اندر گیس مستقل دباؤ پر گزر رہی ہوتی ہے تیل کے جس باتھ E میں ڈوبا ہوا ہوتا ہے اسے نیچے سے حرارت پہنچائی جاتی ہے یہاں تک کہ وہ ایک اونچے ٹمپریچر $t_1°C$ تک گرم ہو جاتا ہے اور یہی ٹمپریچر

لچھے کے اندر کی گیس بھی اختیار کر لیتی ہے ۔ اس ٹمپریچر کو ناپنے کے لیے ایک تھرمیٹر باتھ کے اندر موجود ہوتا ہے ۔ باتھ کے اندر ڈوبا ہوا لچھا بہت لمبی نلی کو پیچ در پیچ موڑ کر بنایا جاتا ہے ۔ یہ احتیاط اس لیے کی جاتی ہے کہ اس میں سے گزرتے وقت گیس کو



کافی وقت لگ جائے اور وہ اس وقت میں گرم باتھ کے ٹمپریچر کو پوری طرح اختیار کر لے ۔

جب گیس باتھ کے ٹمپریچر t_1 تک گرم ہو چکتی ہے تو اس کو ایک اور لچھے میں سے گزرنے دیا جاتا ہے جو ایک کلوری میٹر میں پڑے ہوئے پانی کے اندر ڈوبا ہوا ہوتا ہے ۔ ابتدا میں یعنی گیس کو گزارنے سے پہلے اس پانی کا ٹمپریچر t_2 ایک تھرمامیٹر

سے ناپ لیا جاتا ہے - علاوہ ازیں اس پانی کی کمیت m کلوری میٹر کا آب مساوی w_1 اور اس کے اندر کے لچھے کا آب مساوی w_2 بھی پہلے سے معلوم کر لیے جاتے ہیں - جب گیس اس لچھے میں سے گزرتی ہے وہ اپنی حرارت پانی کو دیتی ہے جس سے پانی (اور کلوری میٹر) کا ٹمپریچر t_2 سے بتدریج بڑھتا جاتا ہے اور ایک آخری ٹمپریچر t_3 اختیار کر لیتا ہے -

گیس اس دوران میں اپنی حرارت دینے کے بعد لچھے کے کھلے منہ میں سے باہر نکلتی رہتی ہے اور اس طرح گیس کی ٹانچی سے کلوری میٹر کے لچھے اور اس سے باہر تک گیس کا بہاؤ جاری رہتا ہے -

گیس کا ٹمپریچر جب وہ کلوری میٹر کے لچھے میں داخل ہوتی ہے ، t_1 ہوتا ہے - ادھر کلوری میٹر اور پانی کا ٹمپریچر t_2 ہوتا ہے جو آہستہ آہستہ بڑھ کر t_3 ہو جاتا ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ گیس جب اپنی حرارت کلوری میٹر اور پانی کو دیتی ہے اور اس طرح اس کے اپنے ٹمپریچر میں کمی آتی ہے تو یہ کمی $\left(t_1 - \frac{t_2+t_3}{2}\right)$ کی ہوتی ہے - کیونکہ یہ کمی گیس کے پہلے ٹمپریچر اور اس کے دوسرے ٹمپریچر کے فرق کے برابر ہوتی ہے اور گیس کا یہ دوسرا ٹمپریچر اوسطاً $\frac{t_2+t_3}{2}$ ہوتا ہے ، اس لیے اگر تجربے کے اس دوران میں کلوری میٹر کو حرارت دینے والی گیس کی کمیت m ہو ، مستقل دباؤ پر اس کی حرارت مخصوصہ C_p ہو تو گیس کی خارج کردہ حرارت

$$= mC_p\left(t_1 - \frac{t_2+t_3}{2}\right)$$

ادھر پانی ، کلوری میٹر اور لچھے کا ٹمپریچر چونکہ t_2 سے t_3 تک اوپر چڑھتا ہے ، اس لیے اگر پانی کی کمیت m_1 ہو، کلوری میٹر کا آب مساوی w_1 ہو اور لچھے کا آب مساوی w_2 ہو تو پانی ، کلوری میٹر اور لچھے

کی حاصل کردہ حرارت

$$=(m_1+w_1+w_2)\ (t_3-t_2)$$

$\because$ حاصل کردہ حرارت = خارج کردہ حرارت

$$\therefore\quad mC_p\left(t_1-\frac{t_2+t_3}{2}\right)=(m_1+w_1+w_2)\ (t_3-t_2)$$

$$\therefore\quad C_p=\frac{(m_1+w_1+w_2)\ (t_3-t_2)}{m\left(t_1-\frac{t_2+t_3}{2}\right)}$$

اس مساوات میں اگر گیس کی کمیت m کا علم ہو جائے تو اس کی مطلوبہ حرارت مخصوصہ C_p نکالی جا سکتی ہے ۔

گیس کی کمیت m کی پیمائش بالواسطہ ذیل کے طریقے سے کی جاتی ہے ۔ جب گیس اپنی ٹانچی میں بھری ہوتی ہے تو اس کا ٹمپریچر t ہوتا ہے اور اس کا اپنا دباؤ p_1 ہوتا ہے ۔ جب تجربے کے دوران میں یہ گیس باقی آلے میں مسلسل بہتی ہے تو اس کا دباؤ کم ہوتا جاتا ہے اور تجربے کے آخر تک p_2 ہو جاتا ہے ۔ یہ دونوں دباؤ p_1 اور p_2 ناپ لیے جاتے ہیں ۔ اب ظاہر ہے کہ دباؤ میں یہ کمی (p_1-p_2) اس وجہ سے آئی ہے کیونکہ ٹانچی میں سے m کمیت کی گیس باہر نکلی ہے ۔ اگر ٹانچی کا حجم V ہو اور تجربے سے پہلے اس کے اندر M_1 کمیت کی گیس بھری ہو تو V حجم پر M_1 کمیت کی گیس کا دباؤ p_1 ہے ۔ تجربے کے آخر میں اگر اس ٹانچی میں M_2 کمیت کی گیس باقی رہ گئی ہے تو V حجم پر اس کا دباؤ p_2 ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ V حجم پر M_1-M_2 کمیت کی گیس کا دباؤ p_1-p_2 ہوگا ۔ مگر M_1-M_2 اس گیس کی کمیت ہے جو تجربے کے دوران میں ٹانچی سے نکل کر باقی آلے میں گزری ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ V حجم پر (اور t ٹمپریچر پر) m کمیت کی گیس کا دباؤ p_1-p_2 ہے ۔ اب اگر m کمیت کی اس گیس کا حجم نارمل ٹمپریچر $0°C$ پر اور نارمل دباؤ (76 سنٹی میٹر) پر x ہو تو

$$\frac{PV}{T} = \text{مستقل}$$

کے مطابق

$$\frac{(p_1-p_2)V}{273+t} = \frac{76\times x}{273+0}$$

$$\therefore \qquad x = \frac{(p_1-p_2)V}{76}\times\frac{273}{273+t}$$

چونکہ اس مساوات کی تمام رقمیں p_1 ، p_2 ، V اور t معلوم ھیں یا معلوم کی جا سکتی ھیں ، اس لیے نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر m کمیت کی گیس کا حجم x معلوم ھو جاتا ھے ۔ پھر چونکہ گیس کی کثافت ρ نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر کثافت کے نقشوں سے پڑھی جا سکتی ھے اس لیے

$$m = x\rho$$

اس سے m کی قیمت معلوم ھو جاتی ھے اور m کی اس قیمت کو مساوات

$$C_p = \frac{(m_1+w_1+w_2)\,(t_3-t_2)}{m\left(t_1-\dfrac{t_2+t_3}{2}\right)}$$

میں شامل کر کے C_p کی قیمت نکالی جا سکتی ھے ۔

ایندھن کی حرارت زا قیمت ۔ مختلف مقاصد کے لیے حرارت حاصل کرنے کا عام طریقہ جو قدیم زمانے سے مروج چلا آ رہا ھے ایندھن جلانے کا ھے ۔ چنانچہ آج کل بھی حرارت زیادہ تر مختلف قسم کے ایندھنوں مثلاً لکڑی ، کوئلہ ، کوک ، مٹی کا تیل ، سپرٹ اور پیٹرول وغیرہ کو جلا کر پیدا کی جاتی ھے ۔ اب یہ ایک عام تجربے کی بات ھے کہ اگر ھم ایک طرف ایک سیر لکڑی جلائیں اور دوسری طرف ایک سیر (پتھر کے) کوئلے جلائیں تو ایک سیر کوئلوں کے جلنے سے پیدا ھونے والی حرارت ایک سیر لکڑی کے جلنے سے پیدا ھونے والی حرارت سے زیادہ ھوگی ۔ اس سے ظاھر ھے کہ کوئلے میں لکڑی کی نسبت حرارت پیدا کرنے کی

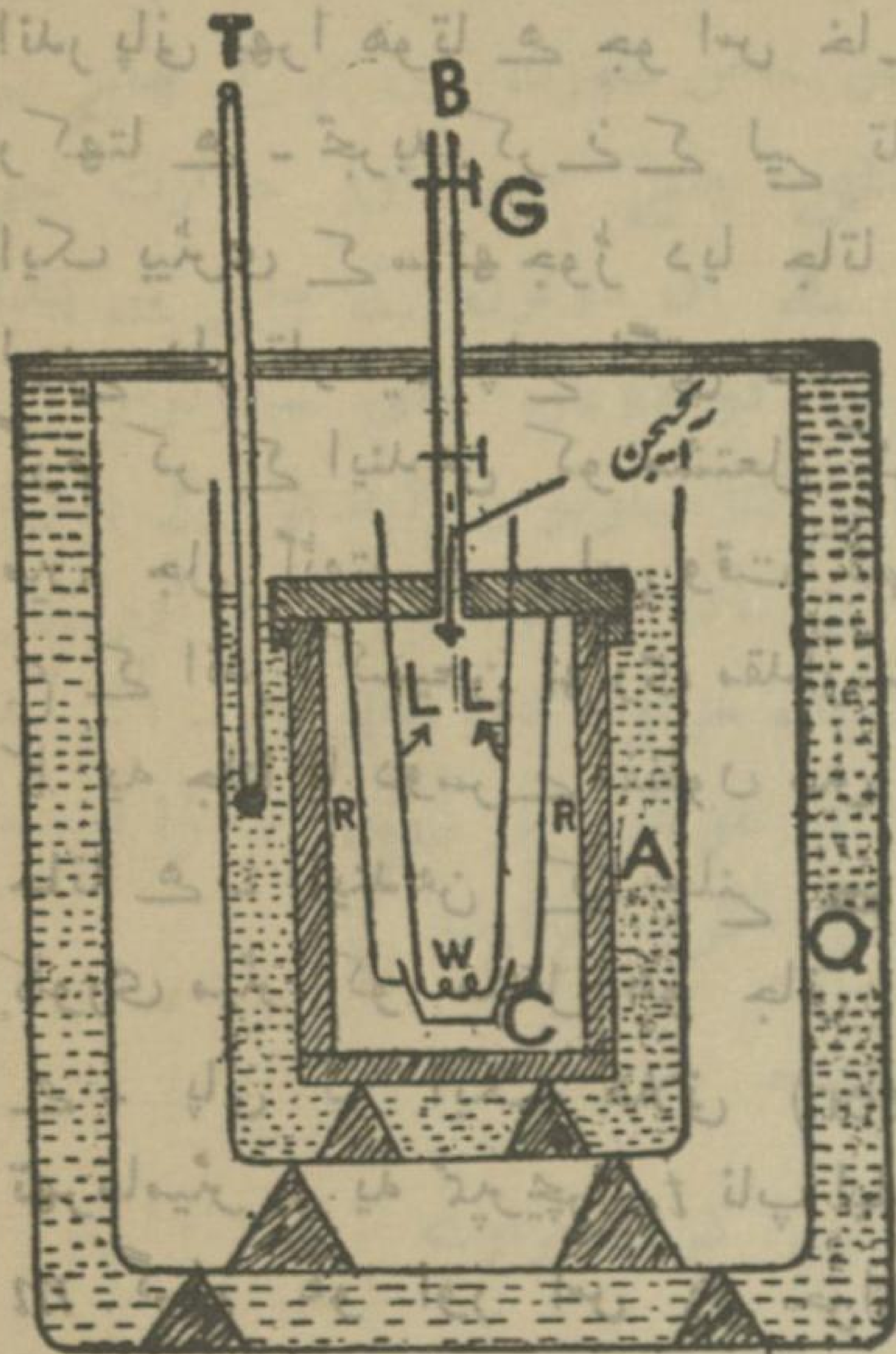
استعداد زیادہ پائی جاتی ہے۔ کسی ایندھن کے جلنے سے حرارت پیدا ہونے کی شرح کو اس ایندھن (Fuel) کی **حرارت زا قیمت** (Calorific value) کہتے ہیں ، جس کی تعریف یوں کی جا سکتی ہے :

کسی ایندھن کی ایک گرام کمیت کے جلنے سے حرارت کی جو مقدار (کلوریوں میں) پیدا ہوتی ہے وہ اس کی حرارت زا قیمت (Calorific value) کہلاتی ہے ۔ مثلاً تجربے سے یہ بات ثابت ہوتی ہے کہ ایک کلوگرام لکڑی کو جلانے سے 2500 میجر کلوری حرارت ، ایک کلوگرام پتھر کے کوئلے کو جلانے سے قریباً 8000 میجر کلوری حرارت اور ایک کلوگرام پیٹرول کو جلانے سے 11400 میجر کلوری حرارت پیدا ہوتی ہے ۔ اب چونکہ ایک کلوگرام 1000 گرام کے برابر اور ایک میجر کلوری 1000 کلوری کے برابر ہے اس سے ظاہر ہے کہ کسی ایندھن کے ایک کلوگرام کو جلانے سے جتنے میجر کلوری حرارت پیدا ہوتی ہے اس ایندھن کے ایک گرام کو جلانے سے اتنے ہی کلوری حرارت پیدا ہوتی ہے اور اس لیے اس ایندھن کی حرارت زا قیمت (Calorific value) اتنے ہی کلوری فی گرام ہوتی ہے ۔ اس اصول کے مطابق اوپر دی ہوئی تفصیل کی روشنی میں لکڑی کی حرارت زا قیمت 2500 کلوری فی گرام ، پتھر کے کوئلے کی حرارت زا قیمت (قریباً) 8000 کلوری فی گرام اور پیٹرول کی حرارت زا قیمت 11400 کلوری فی گرام نکلتی ہے ۔

بم کلوری میٹر ۔ جب کسی دیے ہوئے ایندھن کی حرارت زا قیمت (Calorific value) دریافت کرنا مطلوب ہو تو اس مقصد کے لیے عموماً جس آلے کا استعمال کیا جاتا ہے ، اسے **بم کلوری میٹر** (Bomb calorimeter) کہتے ہیں ۔

یہ کلوری میٹر فولاد کے ایک مضبوط سلنڈر A پر مشتمل ہوتا ہے جس کے منہ میں ایک مضبوط ڈھکنا پیچوں سے کس کر لگایا جاتا ہے ۔ اس کے اندرونی طرف سونے کا ملمع کیا ہوتا ہے تاکہ جلنے والے مادوں کے کیمیائی اثر سے اس کی اندرونی سطح کی حفاظت کی جا سکے ۔

بم کلوری میٹر سے ٹھوس ایندھن کی حرارت زا قیمت معلوم کرنا۔



بم کلوری میٹر سے جس ٹھوس ایندھن کی حرارت زا قیمت دریافت کرنا مطلوب ہو اسے خشک کر کے پیس لیا جاتا ہے اور پھر اس کا وزن کرنے کے بعد اسے پلاٹینم کی ایک کٹھالی (Crucible) C میں رکھ دیا جاتا ہے۔ یہ کٹھالی بم کلوری میٹر کے اندروں میں دو تاروں R اور R کی مدد سے لٹکائی ہوئی ہوتی ہے۔ اس کے بعد بم کلوری میٹر کے اندر آکسیجن گیس بھاری دباؤ کے ماتحت جو کم و بیش پچیس (25) کرہ ہوائی کے برابر ہوتا ہے، بھر دی جاتی ہے۔ جہاں تک اس آکسیجن کی مقدار کا تعلق ہے یہ اس مقدار سے قریباً تین گنا ہونی چاہیے جو بم میں رکھے ہوئے ایندھن کو جلانے کے لیے درکار ہوتی ہے۔ یہ آکسیجن بم میں نلی B میں سے اس کے سٹاپ کاک G کو کھول کر داخل کی جاتی ہے جس کے بعد اس کاک کو بند کر دیا جاتا ہے۔ کٹھالی میں پلاٹینم کا ایک باریک اور چھوٹا سا تار بل دے کر ایندھن کے اچھی طرح اندر رکھ دیا جاتا ہے۔ اس تار کے دونوں سروں کے ساتھ تانبے کے دو رہنما تار LL جوڑ کر انہیں ڈھکنے میں سے باہر نکال لیا جاتا ہے۔ ان رہنما تاروں کو محجوز (Insulated) کیا ہوتا ہے جس کے باعث ڈھکنے کے ساتھ مس کرنے کے بادجود ان کا کوئی برقی رابطہ ڈھکنے کے ساتھ قائم نہیں ہوتا۔ اس بم کو ایک چوڑے کلوری میٹر کے اندر رکھ دیا جاتا ہے جس میں پانی بھرا ہوتا ہے۔ اس پانی کی کمیت m اور کلوری میٹر کا آب مساوی w پہلے سے معلوم کر لیے جاتے ہیں۔ علاوہ ازیں ایک حساس تھرمامیٹر کے ذریعے جو کلوری میٹر میں موجود ہوتا ہے، پانی کا ابتدائی ٹمپریچر t

بھی ناپ لیا جاتا ہے۔ یہ کلوری میٹر بذات خود ایک خانے Q کے اندر رکھا ہوتا ہے جس کی دوہری دیواریں ہوتی ہیں اور ان دیواروں کے اندر پانی بھرا ہوتا ہے جو اس خانے کے اندرون کے ٹمپریچر کو برقرار رکھتا ہے۔ تجربہ کرنے کے لیے تانبے کے رہنما تاروں L اور L کو ایک بیٹری کے ساتھ جوڑ دیا جاتا ہے جس پر ایک برق رو پلاٹینم کے لچھے دار تار میں چلنے لگتی ہے۔ یہ برق رو پلاٹینم کے تار کو شدید گرم کر کے ایندھن کو مشتعل کر دیتی ہے جو آکسیجن کی موجودگی میں جل اٹھتا ہے۔ اس وقت کہا جاتا ہے کہ بم چل گیا ہے۔ چونکہ بم کے اندر آکسیجن بھاری مقدار میں موجود ہوتی ہے اس لیے ایندھن کا یہ جلنا یا دوسرے لفظوں میں بم کا یہ چلنا آن واحد میں مکمل ہو جاتا ہے۔ ایندھن کے جلنے سے جو حرارت پیدا ہوتی ہے وہ پانی اور کلوری میٹر کو منتقل ہو جاتی ہے جس سے پانی کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ہے۔ پانی کو ایک ہلانی (Stirrer) سے اچھی طرح ہلانے کے بعد تھرمامیٹر پر یہ ٹمپریچر t_2 ناپ لیا جاتا ہے۔ اب اگر ایندھن کی کمیت m گرام ہو اور اس کی حرارت زا قیمت H کلوری فی گرام ہو تو ایندھن کے جلنے سے پیدا شدہ حرارت

$$=mH$$

ادھر چونکہ پانی کی کمیت m_1 اور کلوری میٹر کا آب مساوی w ہے اور ان کے ٹمپریچر میں اس حرارت کو حاصل کرنے سے (t_2-t_1) کی زیادتی ہوئی ہے اس لیے پانی اور کلوری میٹر کی حاصل کردہ حرارت

$$=(m_1+w)(t_2-t_1)$$

$\because$ حاصل کردہ حرارت = خارج کردہ حرارت

$$\therefore \quad mH=(m_1+w)(t_2-t_1)$$

یا

$$H=\frac{(m_1+w)(t_2-t_1)}{m}$$

اس طرح m_1 ، m اور w کی پیمائش کر کے اور (t_2-t_1) کو تجربے سے معلوم کر کے ایندھن کی حرارت زا قیمت (H) معلوم کی جا سکتی ہے۔

مائع ایندھن کی حرارت زا قیمت معلوم کرنا۔ جب ایندھن مائع ہو تو اسے سیلولوس (Cellulose) میں تر کرکے کٹھالی میں رکھا جاتا ہے اور اوپر کا تجربہ دھرایا جاتا ہے۔ اس خاص صورت میں بم کے چلنے پر ایندھن اور سیلولوس دونوں اکٹھے جلتے ہیں اور حرارت جو کلوری میٹر اور پانی کو حاصل ہوتی ہے ان دونوں کے جلنے سے پیدا ہوئی ہوتی ہے۔ اس وجہ سے اس تجربے کو دوبارہ خالی سیلولوس کے ساتھ بھی کیا جاتا ہے۔ یعنی کٹھالی میں اتنا سیلولوس (ایندھن کے بغیر) رکھا جاتا ہے جتنا پہلی بار ایندھن کے ساتھ موجود ہوتا ہے اور پھر اس سیلولوس کو جلا کر اس سے پیدا شدہ حرارت ناپی جاتی ہے۔ اگر یہ حرارت Q ہو، مائع ایندھن کی کمیت m ہو اور اس کی حرارت زا قیمت H ہو تو ایندھن اور سیلولوس کی خارج کردہ حرارت

$$=mH+Q$$

ادھر پانی اور کلوری میٹر کی حاصل کردہ حرارت

$$=(m_1+w)\ (t_2-t_1)$$

$\because$ حاصل کردہ حرارت = خارج کردہ حرارت

$$\therefore \quad mH+Q=(m_1+w)(t_2-t_1)$$

یا $\quad mH=(m_1+w)(t_2-t_1)-Q$

$$\therefore \quad H=\frac{(m_1+w)\ (t_2-t_1)-Q}{m}$$

اس طرح مائع ایندھن کی حرارت زا قیمت (Calorific value) H معلوم ہو جاتی ہے۔

گیس ایندھن کے ساتھ تجربہ۔ جب ایندھن اشتعال پذیر گیس ہو تو اس کی ایک معلوم مقدار کو آکسیجن کی بھاری مقدار کے ساتھ ملا کر بم میں بھر دیا جاتا ہے اور پھر اوپر کا تجربہ دھرایا جاتا ہے۔ اس صورت میں کٹھالی C کی ضرورت نہیں پڑتی۔

بعض مشہوز ایندھنوں کی حرارت زا قیمتیں - ذیل میں بعض مشہور ایندھنوں کی حرارت زا قیمتیں (Calorific values) ایک نقشے کی کی صورت میں درج کی جاتی ہے -

ایندھن	حرارت زا قیمت (کلوری فی گرام)
لکڑی	2,500
کوک	6,000
سپرٹ	6,400
پتھر کا کوئلہ	7,500 تا 8,800
بھاری ڈیزل آئل	11,350
پیٹرول	11,400
پیرافین آئل	16,200

خوردنی اشیا کی حرارت زا قیمتیں - جو اشیا ھم خوراک کے طور پر کھاتے ھیں ان کے اجزا بھی جسم کے اندر آکسیجن کے ساتھ کیمیائی عمل کرتے ھیں اور اس طرح حرارت کو پیدا کرنے کا موجب بنتے ھیں - انسانی بدن میں حرارت اور توانائی اسی طور سے آتی ھے -

خوردنی شے کی حرارت زا قیمت عام طور پر میجر کلوری فی پونڈ میں ظاھر کی جاتی ھے - اس سے یہ پتہ لگ جاتا ھے کہ اس خوردنی شے کو ایک پونڈ کی مقدار میں کھانے سے حرارت کی کتنے میجر کلوریاں پیدا ھوتی ھیں - جیسا کہ پہلے بیان کیا جا چکا ھے ایک میجر کلوری میں 1000 کلوریاں ھوتی ھیں - ذیل میں بعض مشہور خوردنی اشیا کی حرارت زا قیمتیں ایک نقشے کی صورت میں درج کی جاتی ھیں -

خوردنی شے	حرارت زا قیمت (میجر کلوری فی پونڈ)
ٹماٹر	100
بند گوبھی	120
سیب	200
پیاز	200
دودھ	300
آلو	300
کیلا	300
مچھلی	360
انڈا	600
بکرے کا گوشت	1,200
گندم کا آٹا	1,600
چاول	1,600
بادام	1,600
کھانڈ	1,800
پنیر	1,900
کوکو	2,200
چاکولیٹ	2,800
مکھن	3,500

انسانی خوراک اور کلوریاں - ہر شخص کو اپنے جسم میں حرارت اور توانائی برقرار رکھنے کی ضرورت پڑتی ہے اور چونکہ یہ حرارت اور توانائی بھی روزمرہ خوراک ہی سے حاصل ہوتی ہے اس لیے انسانی خوراک میں دیگر امور کے علاوہ اس بات کا لحاظ رکھنا ضروری ہوتا ہے کہ اس سے جسم میں حرارت کی اتنی کلوریاں پیدا ہوتی رہیں جو جسم کو درکار ہوتی ہیں -

بعض مشہوز ایندھنوں کی حرارت زا قیمتیں ۔ ذیل میں بعض مشہور ایندھنوں کی حرارت زا قیمتیں (Calorific values) ایک نقشے کی کی صورت میں درج کی جاتی ہے ۔

ایندھن	حرارت زا قیمت (کلوری فی گرام)
لکڑی	2,500
کوک	6,000
سپرٹ	6,400
پتھر کا کوئلہ	7,500 تا 8,800
بھاری ڈیزل آئل	11,350
پیٹرول	11,400
پیرافین آئل	16,200

خوردنی اشیا کی حرارت زا قیمتیں ۔ جو اشیا ہم خوراک کے طور پر کھاتے ہیں ان کے اجزا بھی جسم کے اندر آکسیجن کے ساتھ کیمیائی عمل کرتے ہیں اور اس طرح حرارت کو پیدا کرنے کا موجب بنتے ہیں ۔ انسانی بدن میں حرارت اور توانائی اسی طور سے آتی ہے ۔

خوردنی شے کی حرارت زا قیمت عام طور پر میجر کلوری فی پونڈ میں ظاہر کی جاتی ہے ۔ اس سے یہ پتہ لگ جاتا ہے کہ اس خوردنی شے کو ایک پونڈ کی مقدار میں کھانے سے حرارت کی کتنے میجر کلوریاں پیدا ہوتی ہیں ۔ جیسا کہ پہلے بیان کیا جا چکا ہے ایک میجر کلوری میں 1000 کلوریاں ہوتی ہیں ۔ ذیل میں بعض مشہور خوردنی اشیا کی حرارت زا قیمتیں ایک نقشے کی صورت میں درج کی جاتی ہیں ۔

خوردنی شے	حرارت زا قیمت (میجر کلوری فی پونڈ)
ٹماٹر	100
بند گوبھی	120
سیب	200
پیاز	200
دودھ	300
آلو	300
کیلا	300
مچھلی	360
انڈا	600
بکرے کا گوشت	1,200
گندم کا آٹا	1,600
چاول	1,600
بادام	1,600
کھانڈ	1,800
پنیر	1,900
کوکو	2,200
چاکولیٹ	2,800
مکھن	3,500

انسانی خوراک اور کلوریاں - ہر شخص کو اپنے جسم میں حرارت اور توانائی برقرار رکھنے کی ضرورت پڑتی ہے اور چونکہ یہ حرارت اور توانائی بھی روزمرہ خوراک ہی سے حاصل ہوتی ہے اس لیے انسانی خوراک میں دیگر امور کے علاوہ اس بات کا لحاظ رکھنا ضروری ہوتا ہے کہ اس سے جسم میں حرارت کی اتنی کلوریاں پیدا ہوتی رہیں جو جسم کو درکار ہوتی ہیں ۔

ہر انسان کو ایک روز میں جتنی کلوریوں کی ضرورت ہوتی ہے اس کا انحصار اس کے پیشے اور روزمرہ کے کام کاج پر ہوتا ہے ۔ چنانچہ جو مزدور جسمانی محنت مشقت کا کام کرتے ہیں ان کے لیے 4000 سے 5000 میجر کلوریوں کی فی یوم ضرورت پڑتی ہے ۔ مگر جو لوگ دماغی کام کرنے والے ہوتے ہیں ان کا گزارا 2000 سے 3000 کلوریاں فی یوم ھی سے ہو جاتا ہے ۔ خوراک کے ضمن میں یہ نکتہ یاد رکھنا چاہیے کہ روزمرہ کی اچھی اور متوازن خوراک کے لیے صرف یہی کافی نہیں ہے کہ اس سے ہمیں حرارت اور توانائی کی مطلوبہ مقداریں ملتی رہیں بلکہ اس خوراک میں ان تمام اجزا کو ہونا بھی لازمی ہے جو دوسرے طریقوں سے انسانی جسم کے لیے ضروری ہیں ۔ مثلاً مختلف قسم کے وٹامن اور پروٹین ۔ پھر خوراک کے کلوریاں پیدا کرنے والے اجزا ایسی صورت میں ہونے چاہئیں جو آسانی سے بدن کا جزو بن سکیں ، آسانی سے مہیا ہو سکیں اور قیمت کے لحاظ سے بھی وہ استعمال کرنے والے شخص کی استطاعت سے باہر نہ ہوں ۔

حسابی مثالیں

Example 1. The diameter of the capillary tubes of a Bunsen calorimeter is 1·4 mm. On dropping into the instrument a piece of metal whose tempera-true is 100°C and mass 11·09 gms. the mercury thread is observed to move 10 cms. Calculate the sp. heat of the metal, given the latent heat and density of ice to be 80 and 0·9 respectively.

ایک بنسن کلوری میٹر کی باریک نلی کا قطر 1·4 ملی میٹر ہے ۔ اس میں دھات کا ایک ٹکڑا جس کا ٹمپریچر 110°C اور جس کی کمیت 11·09 گرام ہے ، ڈالا گیا ہے جس پر باریک نلی میں پارہ بقدر 10 سنٹی میٹر کے پیچھے حرکت کرتا ہے ۔ دھات کی حرارت مخصوصہ معلوم کرو ۔ برف کی مخفی حرارت 80 اور برف کی کثافت 0·9 ہے ۔

دھات کے ٹکڑے کی کمیت $= M = 11{\cdot}09$ gms.

دھات کے ٹکڑے کا ٹمپریچر $= t = 100^\circ C$

دھات کی حرارت مخصوصہ $= S$

نلی کا قطر $= 1{\cdot}4$ mm $= 0{\cdot}14$ cm.

نلی کا نصف قطر $= r = 0{\cdot}07$ cm.

نلی کی سیدھی کاٹ کا رقبہ $= a = \pi r^2 = \frac{22}{7} \times 0{\cdot}07 \times 0{\cdot}07$

$= 0{\cdot}015$

نلی کا پارہ جتنا پیچھے ہٹتا ہے $= l = 10$ cms.

پگھلتی برف کے حجم کی کمی $= v = al = 0{\cdot}0154 \times 10 = 0{\cdot}154$ cc.

پگھلی ہوئی برف کی کمیت $= m$ gms.

ایک مکعب سنٹی میٹر برف کی کمیت = برف کی کثافت

$= 0{\cdot}9$ گرام $=$

ایک گرام برف کا حجم $= \frac{1}{0{\cdot}9} = \frac{10}{9}$ cc.

ایک گرام پانی کا حجم $= 1$ cc.

ایک گرام برف کے پگھلنے میں حجم کی کمی $= \frac{10}{9} - 1 = \frac{1}{9}$

اگر حجم کی کمی $\frac{1}{9}$ ہو تو پگھلتی برف 1 گرام ہے - اگر

حجم کی کمی 0·154 cc. ہو تو پگھلتی برف $0{\cdot}154 \times 9$ گرام ہوگی -

پگھلتی برف کی کمیت $= m = 0{\cdot}154 \times 9$

برف کی مخفی حرارت $= L = 80$ cals.

برف کی حاصل کردہ حرارت $= mL = 0{\cdot}154 \times 9 \times 80$ cals.

دھات کی خارج کردہ حرارت $= M\,t\,S = 11{\cdot}09 \times 100 \times S$ cals.

$\because$ حاصل کردہ حرارت = خارج کردہ حرارت

$\therefore \quad 11\cdot09 \times 100 \times S = 0\cdot154 \times 9 \times 80$

یا $\quad S = \dfrac{0\cdot054 \times 9 \times 80}{11\cdot09 \times 100} = 0\cdot1$

Example 2. The time taken by 50 cc. of water and 50 cc. of a liquid of sp. gravity 0·8 contained in identical calorimeters to cool from 55 to 45°C are respectively 60 secs. and 40 secs. If the water equivalent of each calorimeter be 5 gms. determine the sp. heat of the liquid.

ایک هی قسم کے کلوری میٹروں میں 50 مکعب سنٹی میٹر پانی اور 50 مکعب سنٹی میٹر ایک اور مائع کو (جس کی کثافت ·80 هے) 55°C سے 45°C تک ٹھنڈا هونے میں 60 سیکنڈ اور 40 سیکنڈ صرف هوتے هیں - اگر هر ایک کلوری میٹر کا آب مساوی 5 گرام هو تو مائع کی حرارت مخصوصہ معلوم کرو -

پانی کا حجم $= 50$ cc.

پانی کی کثافت $= 1$

پانی کی کمیت $= m_1 = 50 \times 1 = 50$ gms.

مائع کا حجم $= 50$ cc.

مائع کی کثافت $= 0\cdot8$

مائع کی کمیت $= m_2 = 50 \times 0\cdot8 = 40$ gms.

ابتدائی ٹمپریچر $= \theta_1 = 55°C$

آخری ٹمپریچر $= \theta_2 = 45°C$

پانی کے لیے وقت $= t_1 = 60$ secs.

مائع کے لیے وقت $= t_2 = 40$ secs.

کلوری میٹر کا آب مساوی $= w = 5$ gms.

مائع کی حرات مخصوصہ $= S$

$$\because \quad \frac{(m_1 + w)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1} = \frac{(m_2 S + w)(\theta_1 - \theta_2)}{t_2}$$

$$\therefore \quad \frac{(50+5)\,(50-40)}{60}=\frac{(40\,S+5)\,(50-40)}{40}$$

یا
$$\frac{55}{60}=\frac{40\,S+5}{40}$$

یا
$$40\,S+5=\frac{55}{60}\times 40=\frac{110}{3}$$

یا
$$40\,S=\frac{110}{3}-5=\frac{95}{3}$$

$$\therefore \quad S=\frac{95}{3}\times\frac{1}{40}=\frac{19}{24}=0{\cdot}79$$

Example 3. In the Joly's steam calorimeter the volume of each sphere was 500 cc. and the excess of water condensed on the gas. filled sphere was 0·1 gm. Find the specific heat of the enclosed gas at constant volume if the initial temperature was 15°C.

Temperature of steam = 100°C

Density of the gas $= 2\times 10^{-3}$ gms./cc.

Latent heat of steam = 540 cals./gm.

جالی کے بھاپ کے کلوری میٹر میں ہر کرے کا حجم 500 مکعب سنٹی میٹر ہے اور گیس کے بھرے ہوئے کرے پر جمع ہونے والا زائد پانی 0·1 گرام ہے۔ اگر ابتدائی ٹمپریچر 15°C ہو، بھاپ کا ٹمپریچر 100°C ہو، گیس کی کثافت 6×10^{-3} گرام فی مکعب سنٹی میٹر ہو اور بھاپ کی مخفی حرارت 540 کلوری فی گرام ہو تو مستقل حجم پر گیس کی حرارت مخصوصہ معلوم کرو۔

کرے کا حجم = گیس کا حجم

= 500 cc.

گیس کی کثافت $= 6\times 10^{-3}$ gms./cc.

گیس کی کمیت $= M = 500 \times 6 \times 10^{-3} = 3$ gms.

ابتدائی ٹمپریچر $= t_1 = 15°C$

آخری ٹمپریچر $= t_2 =$ بھاپ کا ٹمپریچر $= 100°C$

گیس کی حرارت مخصوصہ $= C_v$

بھاپ کی مقدار = زائد پانی کی مقدار $= m = 0{\cdot}1$ gm.

بھاپ کی مخفی حرارت $= L = 540$ cals.

گیس کی حاصل کردہ حرارت $= M\,C_v\,(t_2 - t_1)$ cals.

$= 3\,C_v\,(100 - 15) = 3 \times 85\,C_v$ cals.

بھاپ کی خارج کردہ حرارت $= mL = 0{\cdot}1 \times 540 = 54$ cals.

$\because$ خارج کردہ حرارت = حاصل کردہ حرارت

$\therefore \quad 3 \times 85\,C_v = 54$

$$\therefore \quad C_v = \frac{54}{3 \times 85} = \frac{54}{215} = 0{\cdot}21$$

Example 4. A calorimeter of water equivalent 10 gms. holds 90 gms. of water at 15°C. Twenty grams of air at 155°C are slowly passed through the water. The final temperature is 21°C. Calculate the specific heat of air at constant pressure.

ایک کلوری میٹر میں جس کا آب مساوی 10 گرام ہے ، 15°C پر 90 گرام پانی پڑا ہے ۔ اس کے اندر پانی میں سے 20 گرام ہوا جس کا ٹمپریچر 115°C ہے، آھستہ آھستہ گزاری گئی ہے جس سے پانی کا آخری ٹمپریچر 21°C ھو جاتا ہے ۔ تو مستقل دباؤ پر ھوا کی حرارت مخصوصہ نکالو ۔

ھوا کی کمیت $= m = 20$ gms.

ھوا کی حرارت مخصوصہ $= C_p$

ھوا کا ٹمپریچر $= t_1 = 155°C$

پانی کی کمیت $= m_1 = 90$ gms.

کلوری میٹر کا آب مساوی $= w = 10$ gms.

پانی کا ابتدائی ٹمپریچر $= t_2 = 15°C$

پانی کا آخری ٹمپریچر $= t_3 = 21°C$

ہوا کی خارج کردہ حرارت $= mC_v \left(t_1 - \frac{t_2 + t_3}{2} \right)$

$$= a\, C_v \left(155 - \frac{15+21}{2} \right)$$

$$= 20\, C_v \times 137 = 2740\, C_v$$

کلوری میٹر اور پانی کی حاصل کردہ حرارت $= (m_1 + w\ (t_3 - t_2)$

$$= (90+10)\ (21-15)$$

$$= 100 \times 6 = 600$$

$\because$ حاصل کردہ حرارت = خارج کردہ حرارت

$\therefore$ $2740\, C_v = 600$

یا $C_v = \frac{600}{2740} = 0{\cdot}218$

سوالات

Q. 1. Define specific heat. Describe Regnault's method of finding out the specific heat of a solid by the method of mixture. How is radiation correction applied to this method ?

حرارت مخصوصہ کی تعریف کرو اور آمیزشی طریقے سے کسی ٹھوس شے کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کا رینو کا طریقہ بیان کرو ۔ اس طریقے میں اشعاعی تصحیح کس طرح کی جاتی ہے ؟

Q. 2. How will you find out the specific heat of a solid with Nernst Calorimeter. What are the advantages of this method?

آپ نرسٹ کے کلوری میٹر سے کسی ٹھوس جسم کی حرارت مخصوصہ کس طرح معلوم کریں گے ؟ اس طریقے کے فوائد کیا کیا ہیں ؟

Q. 3. Describe Nernst vacuum calorimeter. How can it be used for determining the specific heat of a solid ?

نرسٹ کے خلائی کلوری میٹر کی تشریح کرو ۔ اسے کسی ٹھوس

جسم کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے لیے کس طرح استعمال کیا جاتا ہے ؟

Q. 4. How will you determine the specific heat of a substance with Bensen's ice calorimeter? Give the advantages of this method.

آپ بنسن کے برفانی کاوری میٹر سے کسی شے کی حرارت مخصوصہ کس طرح معلوم کریں گے ؟ اس طریقے کے فوائد بیان کیجیے ۔

Q. 5. Describe Dulong and Petit's law regarding the atomic heat. Illustrate your answer with examples. Discuss the cases of departure from this law.

ایٹمی حرارت کے متعلق دولاں اور پیٹی کا قانون بیان کرو اور مثالوں سے اپنے جواب کی وضاحت کرو ۔ اس قانون کی استثنائی صورتوں پر بحث کرو ۔

Q. 6. Write what you know about the variation of specific heat with temperature.

ٹمپریچر کے ساتھ حرارت مخصوصہ کی تبدیلی کے متعلق آپ جو کچھ جانتے ہیں قلم بند کیجیے ۔

Q. 7. Discuss Newton's law of cooling and describe the method of finding out the specific heat of a liquid by the application of this law.

نیوٹن کے ٹھنڈے ہونے کے قانون پر بحث کیجیے اور اس قانون کے اطلاق سے کسی مائع کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کا طریقہ بیان کیجیے ۔

Q. 8. Describe Joule's method of determining the specific heat of a liquid. How can radiation correction be applied to this method ?

کسی مائع کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے لیے جاؤل کا طریقہ بیان کرو ۔ اس طریقے میں اشعاعی تصحیح کس طرح کی جاتی ہے ؟

Q. 9. Explain Callendar and Barnes' continuous flow method for the determination of the specific heat of a liquid.

کسی مائع کی حرارت مخصوصہ معلوم کرنے کے لیے کیلنڈر اور بارنز کے مسلسل بہاؤ کے طریقے کی وضاحت کیجیے۔

Q. 10. What are the two specific heats of a gas ? Which of them is greater and why ?

گیس کی دو حرارت مخصوصہ کون سی ہیں ؟ ان میں سے کس کی قیمت زیادہ ہوتی ہے اور کیوں ؟

Q. 11. How will you determine the specific heat of a gas at constant volume by Joly's differential steam calorimeter ?

آپ جالی کے بھاپ کے تفرقی کلوری میٹر کی مدد سے کسی گیس کی حرارت مخصوصہ مستقل حجم پر کس طرح معلوم کریں گے ؟

Q. 12. Describe Regnault's method of determining the specific heat of a gas at constant pressure.

کسی گیس کی حرارت مخصوصہ مستقل دباؤ پر معلوم کرنے کے لیے رینو کا طریقہ بیان کرو ۔

Q. 13. What do you understand by the calorific value of fuel ? How can it be found out by Bomb calorimeter ?

ایندھن کی حرارت زا قیمت سے آپ کیا مراد لیتے ہیں ؟ اسے بم کلوری میٹر کی مدد سے کس طرح معلوم کیا جاتا ہے ؟

Q. 14. Write a short note on the calorific values of foods.

خو دنی اشیاء کی حرارت زا پر ایک مختصر نوٹ قلم بند کیجیے ۔

چوتھا باب

حالت کی تبدیلی

(CHANGE OF STATE)

یہ ایک عام مشاہدے کی بات ہے کہ ایک ھی شے تین مختلف حالتوں یعنی ٹھوس، مائع اور گیس میں پائی جا سکتی ہے اور ان میں سے ایک حالت سے دوسری حالت میں تبدیلی حرارت پہنچانے یا حرارت کو نکال لینے سے رونما ہو جاتی ہے۔ مثال کے طور پر برف جو ٹھوس ہوتی ہے، پانی جو مائع ہوتا ہے اور بھاپ جو گیس ہوتی ہے، ایک ھی شے کی تین مختلف حالتیں ھیں۔ برف کو جب حرارت پہنچائی جاتی ہے تو وہ پگھل کر پانی بن جاتی ہے اور پانی کو جب حرارت پہنچائی جاتی ہے تو وہ جوش کھا کر بھاپ میں منتقل ہو جاتا ہے۔ دوسری جانب جب بھاپ میں سے حرارت نکال لی جاتی ہے تو وہ تکثیف ہو کر پانی بن جاتی ہے اور پانی میں سے جب حرارت نکال لی جاتی ہے تو وہ منجمد ہو کر برف کی صورت اختیار کر لیتا ہے۔

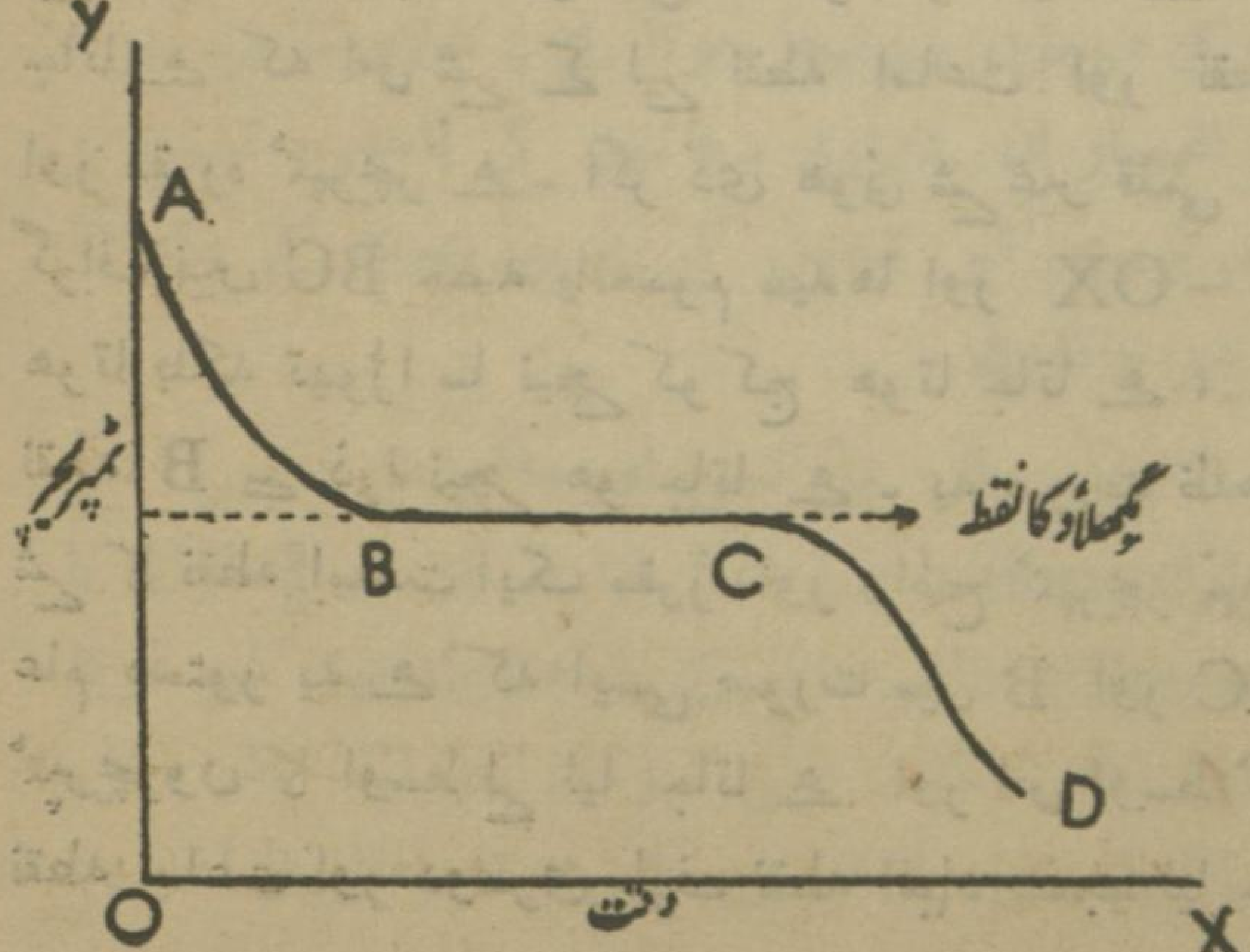
کسی شے کے ٹھوس حالت سے مائع حالت میں منتقل ہونے کو پگھلنا (Melting) یا اماعت (Fusion) کہتے ھیں۔ اور کسی شے کا مائع سے ٹھوس بننا جمنا (Solidification) یا انجماد(Freezing) کہلاتا ہے۔ مائع حالت سے گیسی حالت میں تبدیلی کو تبجیر (Vaporisation) اور گیسی حالت سے مائع حالت میں تبدیلی کو تکثیف (Condensation) کہتے ھیں۔

نقطۂ اماعت اور نقطۂ انجماد۔ کوئی شے جس ٹمپریچر پر پگھلتی ہے وہ اس کا نقطہ اماعت یا پگھلاؤ کا نقطہ (Melting point) کہلاتا

ہے اور جس ٹمپریچر پر وہ منجمد ہوتی ہے وہ اس کا نقطہ انجماد یا جماؤ کا نقطہ (Freezing point) کہلاتا ہے ۔

عام طور پر قلمی اشیا مثلاً برف اور نیپتھلین(Napthalene) وغیرہ کے لیے نقطۂ اماعت اور نقطۂ انجماد ایک ہی ٹمپریچر ہوتا ہے جس کا مطلب یہ ہے کہ یہ اشیا جس مقررہ ٹمپریچر پر پگھلتی ہیں اسی ٹمپریچر پر منجمد ہوتی ہیں ۔ لیکن غیر قلمی اشیا ، مثلاً شیشہ ، موم وغیرہ کے لیے نقطہ اماعت اور نقطہ انجماد میں تھوڑا سا فرق ہو سکتا ہے ، کیونکہ یہ اشیا عام طور پر پگھلتے یا منجمد ہوتے وقت پہلے ایک نیم مائع حالت میں سے گزرتی ہیں اور اس کے بعد مائع یا ٹھوس شکل اختیار کرتی ہیں ۔

کسی شے کا پگھلاؤ کا درجہ یا نقطۂ اماعت معلوم کرنا ۔ کسی شے کے پگھلاؤ کے درجے یا نقطۂ اماعت کو دریافت کرنے کا عمدہ طریقہ گراف کا ہے ۔ اس طریقے میں دی ہوئی شے کو ایک امتحانی نلی یا ایک کٹھالی میں ڈال کر خوب گرم کیا جاتا ہے جس سے وہ تمام کی تمام مائع بن جاتی ہے اور مزید حرارت حاصل کرنے سے اس مائع کا ٹمپریچر پگھلاؤ کے درجے سے کافی اونچا ہو جاتا ہے ۔ اس وقت اس کے اندر ایک حساس تھرمامیٹر رکھ کر اسے ٹھنڈا ہونے دیا جاتا ہے اور سٹاپ واچ کی مدد سے تھوڑے تھوڑے وقفے کے بعد اس کا ٹمپریچر لیا جاتا ہے ۔ یہ سلسلہ اس وقت تک جاری رکھا جاتا ہے جب تک تمام مائع ٹھوس شکل اختیار کر لے اور اس ٹھوس شے کا ٹمپریچر پگھلاؤ کے درجے سے کافی نیچے ہو جائے ۔ اس کے بعد وقت کو X محور کے ساتھ اور ٹمپریچر کو Y — محور کے ساتھ ظاہر کر کے وقت اور ٹمپریچر کا گراف کھینچ دیا جاتا ہے ۔ اس قسم کا



ایک گراف شکل میں دکھایا گیا ہے - اس گراف میں AB حصہ اس حالت کو ظاہر کرتا ہے جب دی ہوئی شے مائع حالت میں ٹھنڈی ہو رہی ہے اور اس کا ٹمپریچر وقت کے ساتھ متواتر گر رہا ہے - BC حصہ اس حالت کو ظاہر کرتا ہے جب مائع ٹھوس حالت میں تبدیل ہونا شروع ہو گیا ہے - اس وقت ٹمپریچر کی تبدیلی رک جاتی ہے اور وقت کے ساتھ ٹمپریچر ایک ہی درجے تک قائم رہتا ہے جس کی وجہ سے BC حصہ سیدھا اور X — محور کے متوازی ہوتا ہے - جب تک مائع تمام کا تمام ٹھوس نہیں بن جاتا یہ صورت قائم رہتی ہے - البتہ ٹھوس حالت میں پورے طور پر منتقل ہو جانے کے بعد اس کا ٹمپریچر وقت کے ساتھ متواتر گرنا شروع ہو جاتا ہے - یہ کیفیت گراف کے CD حصے سے نمایاں ہے - اس گراف میں BC وہ حصہ ہے جس میں دی ہوئی شے مائع اور ٹھوس دونوں حالتوں میں موجود ہو سکتی ہے - اس BC حصے پر نقطہ B اس حالت کو ظاہر کرتا ہے جب وہ مائع ہے مگر ٹھوس میں تبدیل ہونے لگا ہے اور C نقطہ اس حالت کو ظاہر کرتا ہے جب وہ ابھی ابھی تمام کا تمام ٹھوس حالت میں منتقل ہوا ہے - BC حصے کے مقابل کا ٹمپریچر دی ہوئی شے کے نقطہ اماعت کو ظاہر کرتا ہے اور اس صورت میں چونکہ BC حصہ بالکل سیدھا اور OX کے متوازی ہے ، اس لیے BC حصہ ہی دی ہوئی شے کے نقطہ انجماد کو بھی ظاہر کر دیتا ہے - اس سے معلوم ہو جاتا ہے کہ اس شے کے لیے نقطہ اماعت اور نقطہ انجماد ایک واضح اور مقررہ ٹمپریچر ہے - اگر دی ہوئی شے غیر قلمی ہو تو اس کے مذکورہ گراف میں BC حصہ بالعموم سیدھا اور OX — محور کے متوازی نہیں ہوتا بلکہ تھوڑا سا نیچے کو کج ہوتا جاتا ہے ، جس کے باعث نقطہ C نقطہ B سے ذرا نیچے ہو جاتا ہے - یہ صورت ظاہر کرتی ہے کہ ایسی شے کا نقطہ اماعت ایک مقررہ اور واضح ٹمپریچر نہیں ہے - اس وجہ سے عام دستور یہ ہے کہ ایسی صورت میں B اور C کے مقابل کے دو ٹمپریچروں کا اوسط لے لیا جاتا ہے اور اس اوسط ٹمپریچر کو ایک طرف نقطہ اماعت اور دوسری طرف نقطہ انجماد سمجھ لیا جاتا ہے -

گراف کے طریقے سے دھاتوں کا پگھلاؤ کا درجہ معلوم کرنا ۔ جب گراف کے طریقے سے کسی دھات کا پگھلاؤ کا درجہ یعنی نقطہ اماعت معلوم کرنا ہو تو اوپر کے سادہ آلے میں کچھ ترمیمیں کرنی پڑتی ہیں ۔ دھات کے ٹکڑے کو ایسی کٹھالی میں گرم کیا جاتا ہے جو گریفائٹ کی بنی ہوئی ہوتی ہے کیونکہ گریفائٹ عام دھاتوں کے پگھلاؤ کے درجوں تک گرم ہو کر بھی پگھلنے نہیں پاتا ۔ حرارت پہنچانے کے لیے برقی ذریعے سے کام لیا جاتا ہے اور دھات کو ایسے خانے میں رکھ دیا جاتا ہے جس کے اندر آکسیجن نہیں ہوتی تاکہ آکسیجن کے عمل سے دھات کی تکسید (Oxidation) نہ ہو سکے ۔ ٹمپریچر کو ناپنے کے لیے حرارتی برق تھرمامیٹر یعنی تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹر کا استعمال کیا جاتا ہے ۔

بھرتوں کا پگھلاؤ کا درجہ ۔ جب دو دھاتوں یا بعض اوقات دو سے زائد دھاتوں کو پگھلا کر مناسب نسبتوں میں ملا دیا جائے تو دھاتوں کا یہ آمیزہ جو دھات ہی کا کام دیتا ہے ، **بھرت** (Alloy) کہلاتا ہے ۔

بھرتوں میں سے بعض کے پگھلاؤ کے درجے غیر قلمی اشیاء کی طرح ایک خاص ٹمپریچر پر معین نہیں ہوتے لیکن اکثر بھرت ایسے ہیں جن کے پگھلاؤ کے درجے عام دھاتوں کی طرح واضح اور مقرر ہوتے ہیں ۔ یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ جب دو دھاتوں کو ملا کر اس قسم کا کوئی بھرت بنایا جاتا ہے تو اس کا پگھلاؤ کا درجہ اس کے دونوں اجزا کے پگھلاؤ کے درجوں سے نیچا ہوتا ہے ۔ علاوہ ازیں بھرت کے پگھلاؤ کے درجے کا انحصار ان دونوں دھاتوں کی باہمی نسبت پر بھی ہوتا ہے ۔ چنانچہ اس نسبت کو تبدیل کرنے سے بھرت کے پگھلاؤ کے درجے میں فرق پیدا ہو جاتا ہے ۔

محلول کا نقطۂ انجماد ۔ جب پانی یا کسی اور مائع میں کسی شے کو گھول کر اس کا محلول (Solution) بنایا جائے تو اس محلول کا نقطہ انجماد (Freezing point) خالص مائع کے نقطہ انجماد سے کم ہوتا ہے ۔ مثلاً جب پانی میں عام نمک یعنی سوڈیم کلورائڈ کو حل کیا جائے تو اس محلول کا نقطہ انجماد 0°C سے کم ہوتا جاتا ہے اور یہ

کمی پانی میں نمک کی گھلنے والی مقدار کے ساتھ بڑھتی جاتی ھے - جب پانی میں نمک کی زیادہ سے زیادہ مقدار حل ہو چکے اور اس کا محلول سیر شدہ (Saturated) ہو جائے تو نمک کے اس سیر شدہ محلول کا نقطہ انجماد 23°C— تک پہنچ جاتا ھے -

عام طور پر جب کوئی محلول کافی ھلکا ہو تو اس کے نقطہ انجماد کا گراؤ (Depression) اس محلول کے گاڑھے پن (Concentration) کے راست متناسب ھوتا ھے - علاوہ ازیں یہ گراؤ گھلنے والی شے کے مالی کیولی وزن (Molecular weight) کے بالعکس متناسب ھوتا ھے -

جب کسی گھلنے والی شے کے ایک گرام[1] مالی کیول کو 100 گرام پانی میں حل کیا جائے تو اس محلول کے نقطہ انجماد میں جو کمی آتی ھے اُسے نقطہ انجماد کا مالیکیولی گراؤ (Molecular depression) یا مولر گراؤ (Molar depression) کہتے ھیں - غیر برق پاشیدہ اشیاء (Non-Electrolytes) مثلاً کھانڈ ، ٹارٹرک ایسڈ وغیرہ کے لیے مالیکیولی گراؤ کی ایک مستقل قیمت ھوتی ھے جو 18·3°C کے برابر ھے - برق پاشیدہ اشیا مثلاً سوڈیم کلورائڈ ، ھائڈرو کلورک ایسڈ وغیرہ کے لیے اس گراؤ کی قیمت 36·2°C ھوتی ھے جو غیر برق پاشیدہ اشیاء کے مقابلے میں قریباً دگنی ھے - اس سے محلولوں کے نظریۂ جدائی (Theory of dissociation) کی تائید ھوتی ھے -

بالا سرد شدگی (Super-cooling) - اگر کوئی مائع نہایت خالص لیا جائے ، اُسے نہایت صاف برتن میں ھلائے جلائے بغیر رکھا جائے اور پھر اُسے ٹھنڈک پہنچائی جائے تو مناسب حالات میں ایسا ھو سکتا ھے کہ اُس کا ٹمپریچر اس کے نارمل نقطہ انجماد سے بہت نیچے گر جائے مگر اس کے باوجود وہ منجمد نہ ھونے پائے بلکہ مائع حالت ھی میں رھے - نقطہ انجماد سے نیچے مائع کو اس طور سے ٹھنڈا کرنا **بالا سرد شدگی** (Super-cooling) کہلاتا ھے - مثال کے طور پر اگر ایک صاف امتحانی نلی میں کشید کردہ پانی ڈال کر اُسے ھلائے جلائے بغیر آھستہ آھستہ ٹھنڈک پہنچائی جائے

---

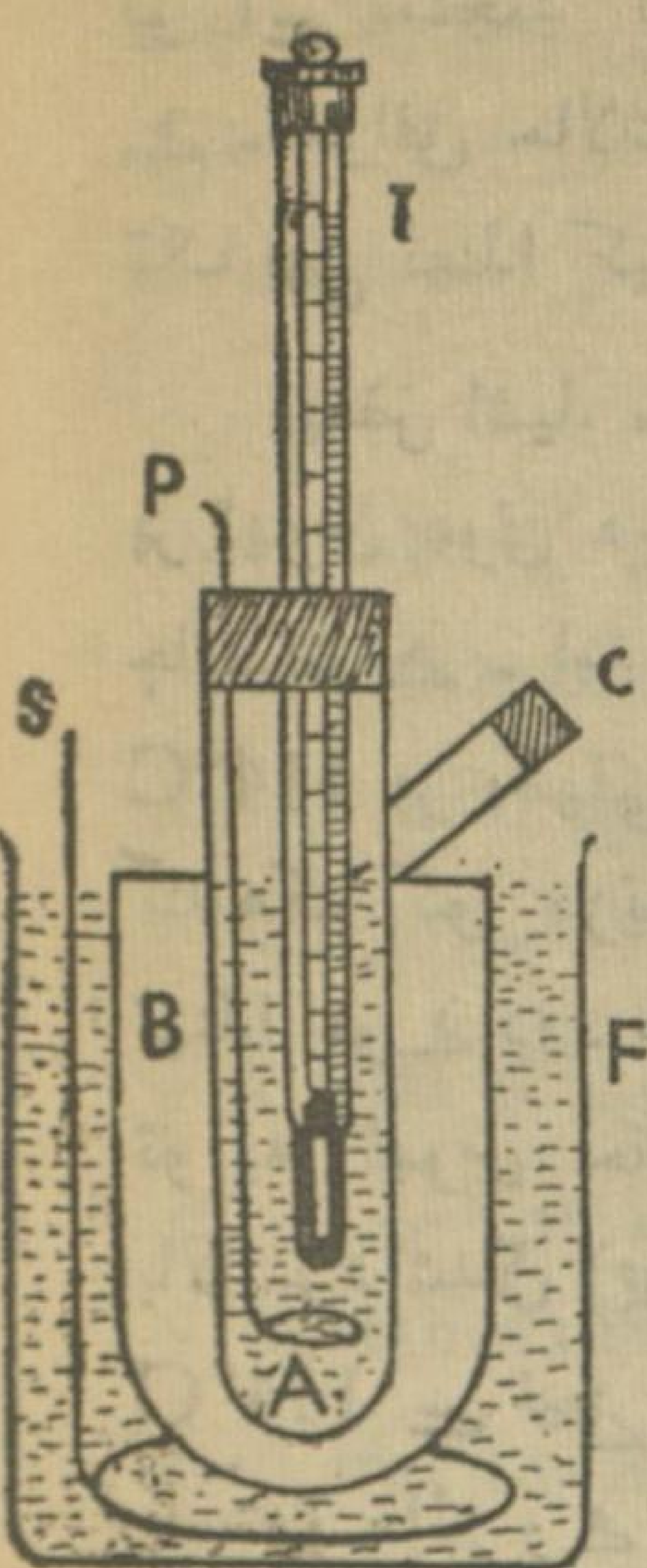
۱ - گرام مالی کیول کی تشریح تیسرے باب میں دی جا چکی ھے -

تو اسے منجمد کیے بغیر $-2°C$ یا $-3°C$ تک ٹھنڈا کیا جا سکتا ھے ۔ موافق حالات میں اس پانی کو برف میں منتقل ھوئے بغیر $-10°C$ تک بھی ٹھنڈا کیا جا سکتا ھے ۔

بعض اشیاء مثلاً گندھک، نیپتھلین وغیرہ پر بھی جو عام درجۂ تپش پر ٹھوس ھوتی ھیں، بالا سرد شدگی (Super-cooling) کا عمل کیا جا سکتا ھے ۔ اس کی کیفیت ایک مثال سے واضح ھو سکتی ھے ۔ گندھک 114°C پر پگھلتی ھے ۔ اسے گرم کر کے پگھلاؤ اور پگھلی ھوئی مائع گندھک کو مزید حرارت پہنچا کر 120°C تک لے جاؤ ۔ اب اسے ٹھنڈا ھونے دو ۔ عام حالات میں جب اس کا ٹمپریچر 114°C تک پہنچے گا تو یہ ٹھوس حالت میں منتقل ھونے لگے گی ۔ لیکن اگر اس پر بالا سرد شدگی (Super-cooling) کا عمل واقع ھو گا تو اس کا ٹمپریچر 114°C سے نیچے یعنی 113°C یا 112°C تک پہنچ جائے گا لیکن یہ بدستور مائع رھے گی ۔

بالا سرد شدگی (Super-cooling) کے متعلق یہ جاننا چاھیے کہ یہ ایک غیر مستحکم عمل ھے ۔ چنانچہ ایسے مائع میں جو اس عمل کے ماتحت اپنے نقطہ انجماد سے نیچے ٹھنڈا کیا جا چکا ھو، اگر خفیف سی ٹھوس شے یا گرد و غبار کی طرح کی معمولی سی کثافت پڑ جائے یا اس کو ھلانے جلانے سے اس میں خلل واقع کر دیا جائے تو اس میں فوراً انجماد شروع ھو جاتا ھے اور یہ مائع تیزی سے ٹھوس بننے لگتا ھے ۔

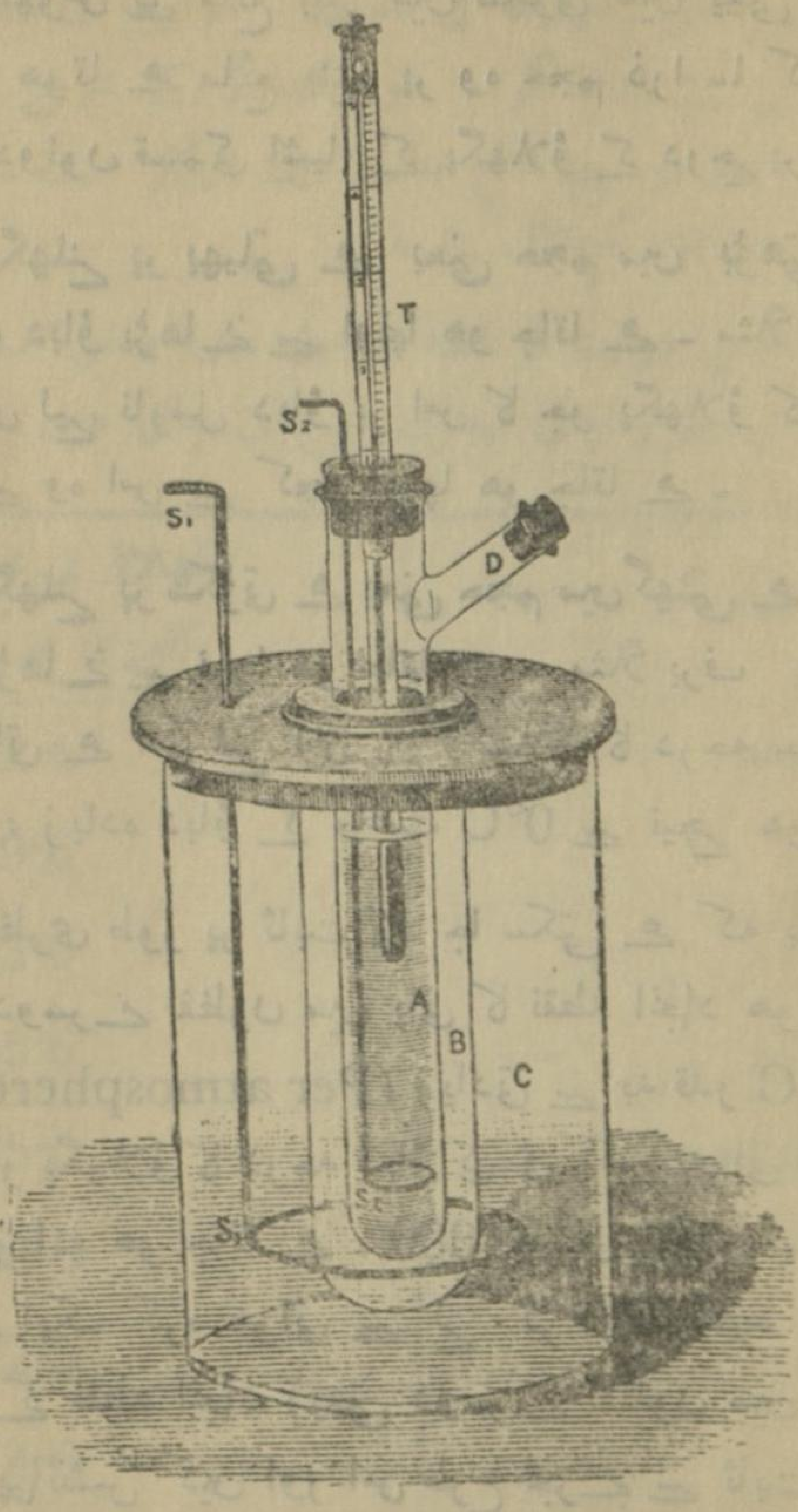
محلول کے نقطہ انجماد کو معلوم کرنے کا بیک مان کا طریقہ ۔ محلول کے نقطہ انجماد کو معلوم کرنے کا ذیل کا طریقہ ایک سائنس دان بیک مان (Beckmann) کے ساتھ منسوب ھے ۔ اس لیے یہ **بیک مان کا طریقہ** (Beckmann's method) اور اس میں استعمال ھونے والا آلہ **بیک مان کا آلہ** (Beckmann's apparatus) کہلاتا ھے ۔ یہ آلہ ایک خاص قسم کی امتحانی نلی A پر مشتمل ھوتا ھے جس کے ساتھ اوپر کے حصے میں ایک چھوٹی سی طرف نلی (Side-tube) C لگی ھوئی ھوتی ھے ۔ امتحانی نلی کے منہ میں ایک کارک لگا دیا جاتا ھے جس میں سے ایک



حساس تھرمامیٹر T اور پلاٹینم کی ایک ہلانی P (Stirrer) کو امتحانی نلی کے اندر داخل کیا ہوتا ہے ۔ امتحانی نلی کو ایک بیرونی خانے یعنی جیکٹ (Jacket) میں رکھا جاتا ہے ۔ اب جس محلول کا نقطہ انجماد دریافت کرنا مطلوب ہو اُسے امتحانی نلی کے اندر طرفی نلی (Side-tube) میں سے ڈال دیا جاتا ہے اور پھر اس طرفی نلی کا منہ بند کر دیتے ہیں ۔ پھر امتحانی نلی کو اس کے جیکٹ سمیت ایک کھلے برتن کے اندر جس میں منجمد کرنے والا آمیزہ (Freezing mixture) پڑا ہوتا ہے، رکھ دیا جاتا ہے اور ایک علیحدہ ہلانی S کے ذریعے اس آمیزے کو وقتاً فوقتاً ہلاتے رہتے ہیں آمیزہ کی ٹھنڈک سے محلول کا ٹمپریچر گرتا ہے اور اس کے نقطہ انجماد تک پہنچ جاتا ہے ۔ یہاں کامل احتیاط کر کے محلول پر بالا سرد شدگی (Super-cooling) کا عمل کیا جاتا ہے جس سے اس کا ٹمپریچر نقطہ انجماد سے چند درجے نیچے گر جاتا ہے مگر محلول بدستور مائع رہتا ہے ۔ اس کے بعد اس محلول کو اس کے اندر پڑی ہوئی ہلانی سے ہلا دیتے ہیں ۔ جس پر اس کا ٹمپریچر تھوڑا سا بڑھتا ہے، یہاں تک کہ محلول کا انجماد شروع ہو جاتا ہے جس کے دوران میں ٹمپریچر کافی عرصے تک ایک ہی قیمت پر برقرار رہتا ہے ۔ اس ٹمپریچر کو تھرمامیٹر سے ناپ لیا جاتا ہے اور یہی مطلوبہ نقطہ انجماد ہوتا ہے ۔

بیک مان نے اس طریقے سے پانی میں مختلف اشیاء کے گھلنے سے، نیز کسی گھلی ہوئی شے کا تناسب کم و بیش کرنے سے محلول کے نقطہ انجماد میں جو تبدیلی پیدا ہوتی ہے اُسے تجربے سے معلوم کیا اور اس طرح ثابت کیا کہ **کسی شے کے محلول کے نقطہ انجماد کا گراؤ (Depression) اس محلول کے گاڑھے پن (Concentration) کے براہ راست متناسب ہوتا ہے** ۔ بیک مان نے اس طریقے سے بہت سی برق پاشیدہ اور غیر برق پاشیدہ اشیاء کے لیے نقطہ انجماد کے مالیکیولی گراؤ (Molecular depression)

بھی معلوم کیے اور اس امر کی تصدیق کی کہ غیر برق پاشیدہ اشیاء



کے لیے مالیکیولی گراؤ کی قیمت قریباً 18·3°C اور برق پاشیدہ اشیاء کے لیے اس سے دگنی یعنی قریباً 36·2°C ھوتی ھے ۔ بیک مان کے اس آلے کی ایک اور خوب صورت شکل اوپر دی گئی ھے۔

پگھلاؤ کے درجے پر دباؤ کا اثر۔ جہاں تک کسی شے کے پگھلنے یعنی ٹھوس سے مائع بننے میں حجم کی تبدیلی کا تعلق ھے ، بہت سی اشیاء تو ایسی ھیں جو ٹھوس سے مائع حالت میں منتقل ھونے پر پھیلتی ھیں ، یعنی ٹھوس حالت کی نسبت مائع حالت میں آن کا حجم کچھ زیادہ

ھوتا ھے ۔ لیکن چند اشیاء مثلاً برف ، لوھا اور انٹی مونی(Antimony) ایسی ھیں جو ٹھوس سے مائع بننے میں سکڑتی ھیں یعنی ٹھوس حالت میں اُن کا جو حجم ھوتا ھے مائع بننے پر وہ حجم ذرا سا کم ھو جاتا ھے ۔ دباؤ کا اثر ان دونوں قسم کی اشیاء کے پگھلاؤ کے درجے پر مختلف ھوتا ھے ۔

جو شے پگھلنے پر پھیلتی ھے یعنی حجم میں بڑھتی ھے ، اس کے پگھلاؤ کا درجہ دباؤ بڑھانے سے اونچا ھو جاتا ھے ۔ مثلاً موم پگھلنے پر پھیلتی ھے ۔ اس لیے نارمل دباؤ پر اس کا جو پگھلاؤ کا درجہ ھوتا ھے دباؤ بڑھانے سے وہ اس سے کچھ اونچا ھو جاتا ھے ۔

جو شے پگھلنے پر سکڑتی ھے یعنی حجم میں گھٹتی ھے ، اس کے پگھلاؤ کا درجہ دباؤ بڑھانے سے نیچا ھو جاتا ھے ۔ مثلاً برف پگھلنے پر حجم میں کم ھو جاتی ھے اس لیے اس کے پگھلاؤ کا درجہ جو نارمل دباؤ پر 0°C ھوتا ھے ، زیادہ دباؤ کے ماتحت 0°C سے نیچے ھو جاتا ھے ۔

یہ بات نظری طور پر ثابت کی جا سکتی ھے کہ برف کے پگھلاؤ کا درجہ (جو دوسرے لفظوں میں پانی کا نقطہ انجماد ھوتا ھے) دباؤ کی فی کرہ ھوائی (Per atmosphere) زیادتی سے بہ قدر 0·0073°C کے کم ھو جاتا ھے اور پگھلاؤ کا درجہ دباؤ کی فی کرہ ھوائی زیادتی سے بہ قدر 0·04°C کے زیادہ ھو جاتا ھے ۔ 1880ء میں ایک سائنس دان **ڈیوار** (Dewar) نے ایک کرہ ھوائی سے لے کر 700 کرہ ھوائی تک مختلف دباؤں پر پانی کے نقطہ انجماد (یعنی دوسرے لفظوں میں برف کے پگھلاؤ کے درجے) کی پیمائشیں کیں اور اس طرح تجربے سے ثابت کیا کہ پانی کا نقطہ انجماد دباؤ کی فی کرہ ھوائی زیادتی پر فی الواقع بہ قدر 0·0073°C کے نیچا ھو جاتا ھے ۔

پگھلاؤ کی مخفی حرارت ۔ پگھلنے کے دوران میں ھر شے حرارت کی مقدار جذب کرتی ھے اور یہ حرارت اُسے ٹھوس سے مائع حالت میں لانے کے کام آتی ھے جس کے باعث اس حرارت کے جذب ھونے کے باوجود اس شے کا ٹمپریچر بڑھنے نہیں پاتا ۔ اس وجہ سے اس حرارت کو **مخفی** (Latent) کہا جاتا ھے

پگھلاؤ کی اس مخفی حرارت کی تعریف حسب ذیل ھے -

پگھلاؤ کی مخفی حرارت کی تعریف - حرارت کی وہ مقدار (کلوریوں میں) جو کسی شے کے ایک گرام کو پگھلاؤ کے درجے پر ٹمپریچر کی تبدیلی کے بغیر ٹھوس سے مائع بنانے میں درکار ھوتی ھے ، اس شے کے پگھلاؤ کی مخفی حرارت کہلاتی ھے -

پگھلاؤ کی مخفی حرارت کا نقشہ - ذیل میں بعض مشہور اشیا کے لیے پگھلاؤ کی مخفی حرارت کی قیمتیں درج کی جاتی ھیں -

اشیاء	پگھلاؤ کی مخفی حرارت (کلوری فی گرام میں)
الو مینیم	92·4
برف	79·6
تانبا	43·0
نیپتھلین	35·6
پیرافین موم	35·0
جست	26·6
چاندی	22·0
قلعی	14·6
گندھک	9·4
سیسہ	5·4

پگھلاؤ کی مخفی حرارت معلوم کرنے کا آمیزشی طریقہ - ایک کلوری میٹر ایسا لو جس کا آب مساوی w پہلے معلوم کر لیا گیا ھو - اس میں m_1 گرام پانی ڈالو اور تھرمامیٹر سے اس کا ٹمپریچر θ_1 معلوم کرو - پھر اس میں برف کے چھوٹے چھوٹے ٹکڑے جاذب کاغذ سے خشک کر کے

شامل کرو - جب یہ ٹکڑے پانی میں گھل جائیں تو پانی کو اچھی طرح ہلا کر اس کا ٹمپریچر θ_2 ناپو - آخر میں کلوری میٹر کو وزن کر کے برف کا وزن m_2 گرام معلوم کرو - تب اگر برف کی پگھلاؤ کی مخفی حرارت L ہو تو برف کی حاصل کردہ حرارت

$$=m_2L+m_2\theta_2$$

کلوری میٹر اور پانی کی خارج کردہ حرارت

$$=(m_1+w)(\theta_1-\theta_2)$$

∵ خارج کردہ حرارت=حاصل حرارت

$$\therefore \quad m_2L+m_2\theta_2=(m_1+w)(\theta_1-\theta_2)$$

یا

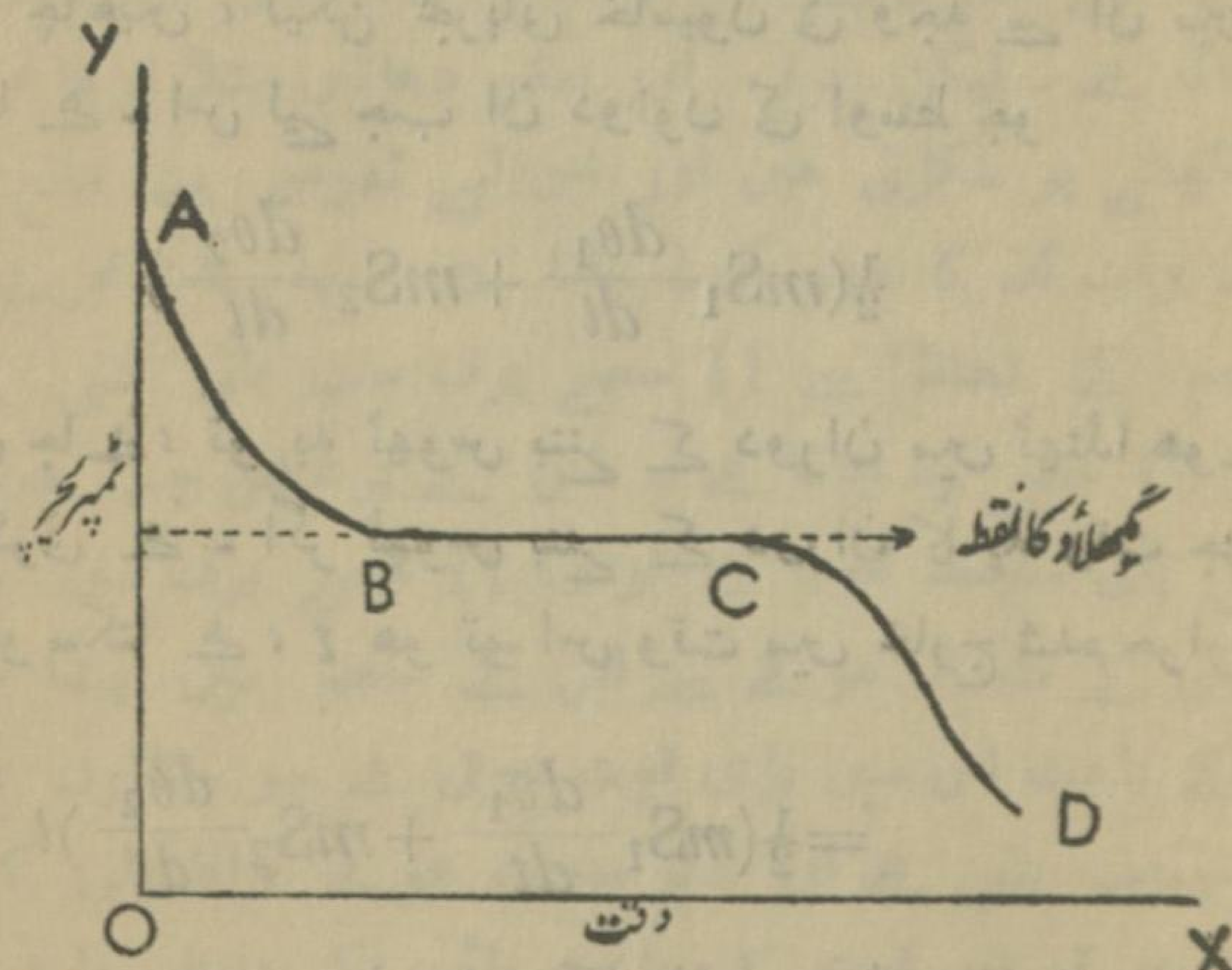
$$m_2L=(m_1+w)(\theta_1-\theta_2)-m_2\theta_2$$

$$\therefore \quad L=\frac{(m_1+w)(\theta_1-\theta_2)-m_2\theta_2}{m_2}$$

اس تجربے میں **اشعاعی تصحیح** (Radiation Correction) کا لگانا اصولاً تو ضروری ہے لیکن ایک آسان ترمیم سے اس کی ضرورت باقی نہیں رہتی - وہ ترمیم یہ ہے کہ کمرے کے عام ٹمپریچر سے آمیزے کا آخری ٹمپریچر θ_2 جتنا نیچا ہو ، پانی کا ابتدائی ٹمپریچر θ_1 اس عام ٹمپریچر سے اتنا ہی زیادہ لیا جائے- اس مقصد کے لیے پانی پہلے تھوڑا سا گرم کرلیا جاتا ہے - اس طرح تجربے کے عرصے کے پہلے نصف میں جتنی حرارت خارج ہوتی ہے اس عرصے کے دوسرے نصف میں اتنی ہی حرارت حاصل ہو جاتی ہے جس سے اشعاعی غلطی خود بخود رفع ہو جاتی ہے اور اشعاعی تصحیح لگانے کی ضرورت باقی نہیں رہتی -

پگھلاؤ کی مخفی حرارت معلوم کرنے کا ٹھنڈا ہونے کا طریقہ - جن اشیا کا پگھلاؤ کا درجہ عام ٹمپریچر سے اونچا ہوتا ہے اور جو اس وجہ سے عام ٹمپریچر پر ٹھوس ہوتی ہیں ان کی **پگھلاؤ کی مخفی حرارت ٹھنڈا ہونے کے طریقے** (Cooling method) سے معلوم ہو سکتی ہے - موم ، گندھک ، تانبا ، سیسہ وغیرہ ان اشیا میں شامل ہیں مگر برف ان اشیا میں شامل نہیں ہے -

دی ہوئی شے کو ایک کلوری میٹر میں جس کی حرارتی گنجائش (Thermal capacity) کافی کم ہو ، ڈال کر اتنا گرم کیا جاتا ہے جس سے وہ پورے طور پر پگھل کر مائع بن جائے اور پھر اس مائع کا ٹمپریچر اس کے پگھلاؤ کے درجے سے قریباً 10°C تک زیادہ اونچا ہو جائے ۔ اب اس کلوری میٹر کو مائع سمیت ایک تھرموسٹیٹ (Thermostat) کے اندر لٹکا دیا جاتا ہے اور ایک حساس تھرمامیٹر کے ذریعے جو مائع کے اندر پڑا ہوتا ہے ، تھوڑے تھوڑے وقفوں کے بعد اس کا ٹمپریچر لیا جاتا ہے ، یہاں تک کہ مائع تمام کا تمام ٹھوس بن جاتا ہے اور اس ٹھوس کا ٹمپریچر پگھلاؤ کے درجے سے قریباً 10°C نیچے گر جاتا ہے ۔ اس کے بعد وقت اور ٹمپریچر کا ایک گراف کھینچا



جاتا ہے جس میں وقت X— محور کے ساتھ اور ٹمپریچر Y— محور کے ساتھ ظاہر کیا جاتا ہے ۔ یہ گراف اس نوع کا ہے جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے ۔ اس میں AB حصہ پگھلے ہوئے مائع کے ٹھنڈا ہونے کو ، BC حصہ مائع کے ٹھوس حالت میں منتقل ہونے کو اور CD حصہ ٹھوس کے ٹھنڈا ہونے کو ظاہر کرتا ہے ۔ اس گراف پر سے B نقطہ کے قریب ٹمپریچر کی کمی اور وقت کی نسبت لے کر مائع کے ٹمپریچر کے گراف کی شرح $\frac{d\theta_1}{dt}$ معلوم کی جاتی ہے ۔ اسی طرح اسی گراف پر سے C نقطہ

کے قریب ٹمپریچر کی کمی اور وقت کی باہمی نسبت لے کر ٹھوس کے ٹمپریچر کے گراف کی شرح $\frac{d\theta_2}{dt}$ دریافت کی جاتی ہے - اگر اس شے کی کمیت m ہو، اس کی حرارت مخصوصہ مائع حالت میں S_1 اور ٹھوس حالت میں S_2 ہو تو اس کے ٹھنڈا ہونے کی شرح ٹھوس بننے سے ذرا پہلے $mS_1\frac{d\theta_1}{dt}$ اور ٹھوس بننے سے ذرا بعد $mS_2\frac{d\theta_2}{dt}$ ہو گی - چونکہ ٹھوس بننے کے دوران میں اس شے کا ٹمپریچر مستقل رہتا ہے اس لیے اصولاً ٹھنڈا ہونے کی یہ دونوں شرحیں یعنی $mS_1\frac{d\theta_1}{dt}$ اور $mS_2\frac{d\theta_2}{dt}$ برابر ہونی چاہئیں، لیکن تجرباتی خامیوں کی وجہ سے ان میں خفیف سا فرق ہوسکتا ہے - اس لیے جب ان دونوں کی اوسط جو

$$\tfrac{1}{2}\left(mS_1\frac{d\theta_1}{dt}+mS_2\frac{d\theta_2}{dt}\right)$$

بنتی ہے، لی جائے، تو یہ ٹھوس بننے کے دوران میں ٹھنڈا ہونے کی شرح کو ظاہر کرتی ہے - اگر ٹھوس بننے کے دوران کا یہ وقت جو گراف پر سے معلوم ہو سکتا ہے، t ہو تو اس وقت میں خارج شدہ حرارت کی مقدار

$$=\tfrac{1}{2}\left(mS_1\frac{d\theta_1}{dt}+mS_2\frac{d\theta_2}{dt}\right)t$$

یہ حرارت وہی ہے جو اس شے کے مائع سے ٹھوس بننے پر خارج ہوتی ہے اور جو mL کے برابر ہے جب کہ L اس شے کی پگھلاؤ کی مخفی حرارت اور m اس کی کمیت ہو -

$$\therefore \qquad mL=\tfrac{1}{2}m\left(S_1\frac{d\theta_1}{dt}+S_2\frac{d\theta_2}{dt}\right)t$$

یا

$$L=\tfrac{1}{2}\left(S_1\frac{d\theta_1}{dt}+S_2\frac{d\theta_2}{dt}\right)t$$

اس طرح جب S_1 اور S_2 کی قیمتیں پہلے معلوم ہوں یا انھیں

حرارت مخصوصہ کے نقشے سے پڑھ لیا جائے تو باقی مقداروں کو تجربے سے معلوم کرکے L کی مطلوبہ قیمت معلوم کر لی جاتی ہے ۔

کسی شے کے پگھلنے پر اس کی خاصیتوں میں تبدیلی - جب کوئی شے پگھل کر ٹھوس سے مائع حالت میں منتقل ہوتی ہے تو اس کی بعض خاصیتوں میں تبدیلی آ جاتی ہے - یہاں مثال کے طور پر ہم دو خاصیتوں کی تبدیلی کا ذکر کریں گے جس میں ایک حجم کی تبدیلی اور دوسری برقی مزاحمت کی تبدیلی ہے -

حجم کی تبدیلی - جیسا کہ پہلے بیان کیا جا چکا ہے اکثر اشیا جن میں دھاتیں اور غیر دھاتیں دونوں شامل ہیں ، پگھلنے پر پھیلتی ہیں اور اس لیے ٹھوس سے مائع حالت میں منتقل ہوتے وقت ان کا حجم بڑھ جاتا ہے - لیکن برف اور بعض دھاتیں مثلاً لوہا ، بسمتھ اور انٹی مونی پگھلنے پر سکڑتی ہیں اور اس لیے ٹھوس سے مائع حالت میں منتقل ہوتے وقت اُن کا حجم گھٹ جاتا ہے - یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ حجم کے لحاظ سے 11 حصے برف جب پانی بنتی ہے تو اس پانی کا حجم 10 حصے رہ جاتا ہے - اس کے برعکس جب حجم کے لحاظ سے 10 حصے پانی منجمد ہوتا ہے تو وہ 11 حصے برف میں تبدیل ہو جاتا ہے - پانی کے منجمد ہونے سے اس کے حجم میں پیدا ہونے والی اس زیادتی کے باعث اس میں بڑی قوت ہوتی ہے جو چٹانوں وغیرہ کو پھوڑنے کا موجب بنتی ہے اور اگر منجمد ہونے والا پانی کسی پائپ میں بہہ رہا ہو تو اس قوت کے باعث پائپ کے پھٹ جانے کا اندیشہ رہتا ہے - دھاتوں میں چونکہ بسمتھ اور انٹی مونی ایسی ہیں جو مائع سے ٹھوس بننے میں پھیلتی ہیں اس لیے بعض ایسے بھرت جن میں ان دھاتوں کا جزو ہوتا ہے ، ٹائپ کو ڈھالنے کے لیے بہت موزوں خیال کیے جاتے ہیں کیونکہ جب ایسے بھرت کو مائع حالت میں کسی سانچے میں ڈھال کر ٹھوس بننے دیا جاتا ہے تو وہ پھیل کر اس سانچے کو اچھی طرح بھر دیتے ہیں - یہ بھرت ٹائپ بنانے میں استعمال ہونے کے باعث **ٹائپ دھاتیں** (Type metals) کہلاتی ہیں اور ان کے اجزا بالعموم سیسہ اور بسمتھ یا سیسہ ، تانبا اور انٹی مونی ہوتے ہیں -

برقی مزاحمت کی تبدیلی - جب دھاتوں کو پگھلایا جاتا ہے تو مائع حالت میں اُن کی برقی مزاحمت (Electric resistance) میں فوری تبدیلی پیدا ہو جاتی ہے - عام طور پر جن دھاتوں کا حجم پگھلانے پر بڑھ جاتا ہے اُن کی برقی مزاحمت بھی ٹھوس حالت کی نسبت مائع حالت میں زیادہ ہوتی ہے - مگر جن دھاتوں کا حجم پگھلانے پر گھٹ جاتا ہے، ان کی برقی مزاحمت بھی ٹھوس حالت کی نسبت مائع حالت میں کم ہو جاتی ہے -

ایٹمی مخفی حرارت - کسی عنصر کے پگھلاؤ کی مخفی حرارت اور اس کے ایٹمی وزن کے حاصل ضرب کو اس عنصر کی **ایٹمی مخفی حرارت** (Atomic latent heat) کہتے ہیں - مثلاً سوڈیم کی پگھلاؤ کی مخفی حرارت 27·5 کلوری اور اس کا ایٹمی وزن 23 ہے اس لیے اس کی ایٹمی مخفی حرارت $27{\cdot}5 \times 23$ یعنی 630 ہے -

ٹراؤٹن کا قاعدہ (Trouton's rule) - کسی عنصر کی ایٹمی مخفی حرارت (AL) اور مطلق پیمانے میں اس کے پگھلاؤ کے درجے (T_m) کی نسبت تمام ایسے عناصر کے لیے مستقل ہوتی ہے جو ایک ہی قسم کا کرسٹلی نظام (Crystal system) رکھتے ہوں - مثال کے طور پر سوڈیم، پوٹاشیم، روبی ڈیئم (Rubidium) اور کیسیئم (Cæsium) ایک ہی کرسٹلی نظام سے تعلق رکھتے ہیں - ان کے لیے ایٹمی مخفی حرارت اور پگھلاؤ کے درجے اور ان کی باہمی نسبت کے بارے میں تفصیلات ذیل کے نقشے سے ظاہر ہیں -

$\frac{AL}{T_m}$	پگھلاؤ کا درجہ T_m ($^\circ K$ میں)	ایٹمی مخفی حرارت AL	عنصر
1·7	371	630	سوڈیم
1·7	336	570	پوٹاشیم
1·7	312	520	روبی ڈیئم
1·7	300	510	کیسیئم

اس نقشے سے ظاہر ہے کہ ان چاروں عناصر کے لیے ایٹمی مخفی حرارت (AL) اور مطلق پیمانے میں پگھلاؤ کے درجے (T_m) کی باھمی نسبت ایک ھی قیمت رکھتی ہے جس سے ٹراؤٹن کے قاعدہ کی تصدیق ہوتی ہے۔

کھولاؤ کا درجہ یا نقطہ جوش۔ کوئی مائع نارمل دباؤ کے ماتحت جس ٹمپریچر پر کھولتا یعنی جوش کھاتا ہے اُسے اس مائع کا **کھولاؤ کا درجہ یا نقطۂ جوش** (Boiling point) کہتے ہیں۔ ہر مائع کا اپنا اپنا نقطہ جوش ہوتا ہے جس کا شمار اس مائع کی خاصیتوں میں کیا جاتا ہے۔ مثلاً نارمل دباؤ کے ماتحت جو پارے کے 760 ملی میٹر یا 76 سنٹی میٹر کے برابر ہے، پانی کا نقطہ جوش 100°C ، انیلین (Aniline) کا 184·2°C ، مٹی کے تیل کا 240°C ، پارے کا 356·7°C ، الکوحل کا 78·3°C اور ایتھر کا 34·6°C ہوتا ہے۔

بالا گرم شدگی (Super-heating)- جب کسی مائع کو خاص اور موزوں حالات کے ماتحت اس طور سے گرم کیا جائے کہ اس کا ٹمپریچر اس کے نقطہ جوش سے کافی اونچا ہو جائے مگر وہ مائع جوش کھانے نہ پائے بلکہ مائع حالت ھی میں رہے تو اس عمل کو **بالا گرم شدگی** (Super-heating) کہتے ہیں۔

بالاگرم شدگی کے واقع ہونے کے لیے ضروری ہے کہ مائع بالکل خالص ہو۔ اس میں کوئی شے خفیف سی مقدار میں بھی گھلی ہوئی نہ ہو۔ علاوہ ازیں جس برتن میں اس مائع کو گرم کیا جائے وہ بھی نہایت درجہ صاف ہو۔ مثلاً اگر ہم کشید کردہ پانی کو جس میں سے گھلی ہوئی ہوا کو پورے طور پر خارج کر دیا گیا ہو، ایک ایسے برتن میں گرم کریں جو ہر قسم کی کثافت، گرد و غبار اور چکنائی وغیرہ سے بالکل صاف کر لیا گیا ہو تو اس کے ٹمپریچر کو مائع حالت میں (اس کے جوش کھائے بغیر) 100°C سے اوپر تک گرم کیا جا سکتا ہے۔ بعض موزوں حالات میں اس کے ٹمپریچر کو 137°C تک گرم کرنے کے باوجود بھی اسے مائع حالت میں رکھا جا سکتا ہے۔

لیکن اس کے ساتھ ھی یہ بھی جاننا چاہیے کہ بالا گرم شدگی کی یہ حالت بہت نامستحکم ھوتی ھے کیونکہ اگر ایسے بالا گرم شدہ (Super-heated) پانی کو ھلا جلا کر اس میں خلل واقع کر دیا جائے تو اس کا ٹمپریچر اچانک گر کر 100°C تک آ جاتا ھے اور وہ بمپ (Bump) مار مار کر جوش کھانے لگ جاتا ھے۔

حقیقت یہ ھے کہ جب کوئی مائع بہت صاف اور خفیف سی آلائش سے بھی پاک ھو اور اسے کھولایا جائے تو وہ بمپ مار مار کر کھولتا ھے۔ البتہ اگر اس کے اندر گرد و غبار یا کثافتوں کے ذرے خفیف سی مقدار میں موجود ھوں یا موجود کر دیے جائیں تو پھر اس کا کھولنا معمول کے مطابق یعنی بمپ مارنے کے بغیر ھوتا ھے۔ عام طور پر مائع میں یا اس کے برتن میں ایسے ذرے خفیف سی مقدار میں موجود ھوتے ھیں جس کی وجہ سے جوش کھانے کا عمل عموماً بمپ مارنے کے بغیر ھوتا ھے۔

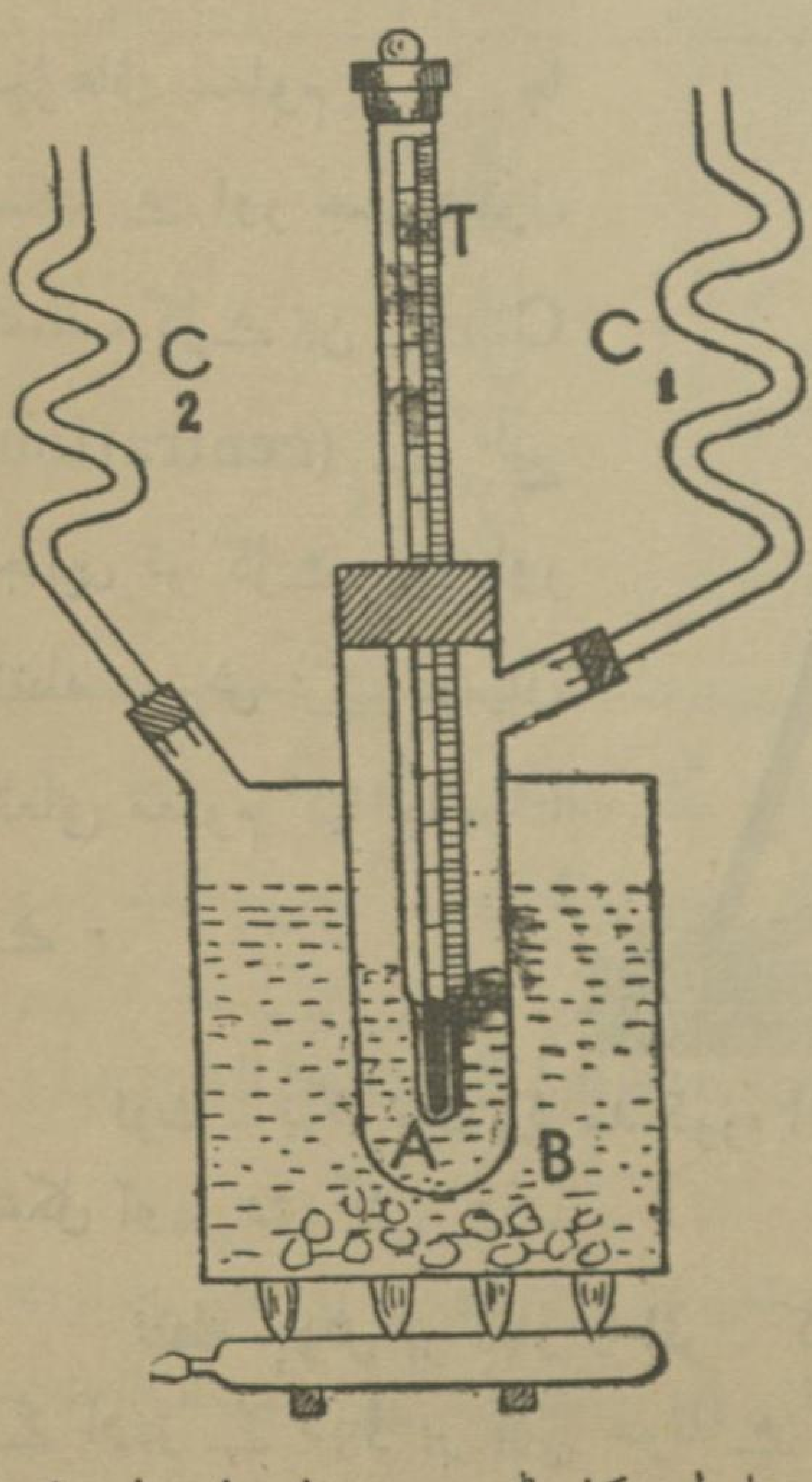
محلول کا نقطہ جوش ۔ کسی مائع کے اندر جب کوئی شے گھلی ھوئی ھو تو ایسے محلول کا نقطۂ جوش خالص مائع کے نقطہ جوش سے اونچا ھوتا ھے۔ مثلاً خالص پانی کا نقطۂ جوش 100°C ھے لیکن اگر پانی میں عام نمک یعنی سوڈیم کلورائڈ حل کو دیا جائے تو اس محلول کا نقطۂ جوش 110°C سے اوپر تک بڑھ جاتا ھے۔

محلول کے نقطۂ جوش میں چڑھاؤ اس کے گاڑھے پن کے براہ راست متناسب ھوتا ھے۔ یعنی اگر گھلنے والی شے کی مقدار معمولی ھو تو چڑھاؤ بھی معمولی ھوتا ھے لیکن اگر یہ مقدار زیادہ ھو تو چڑھاؤ بھی زیادہ ھو جاتا ھے۔ علاوہ ازیں یہ چڑھاؤ گھلنے والی شے کے مالیکیولی وزن کے بالعکس متناسب ھوتا ھے یعنی اگر گھلنے والی شے کا مالیکیولی وزن زیادہ ھو تو یہ چڑھاؤ نسبتاً کم ھوتا ھے لیکن اگر گھلنے والی شے کا مالیکیولی وزن کم ھو تو یہ چڑھاؤ زیادہ ھوتا ھے۔

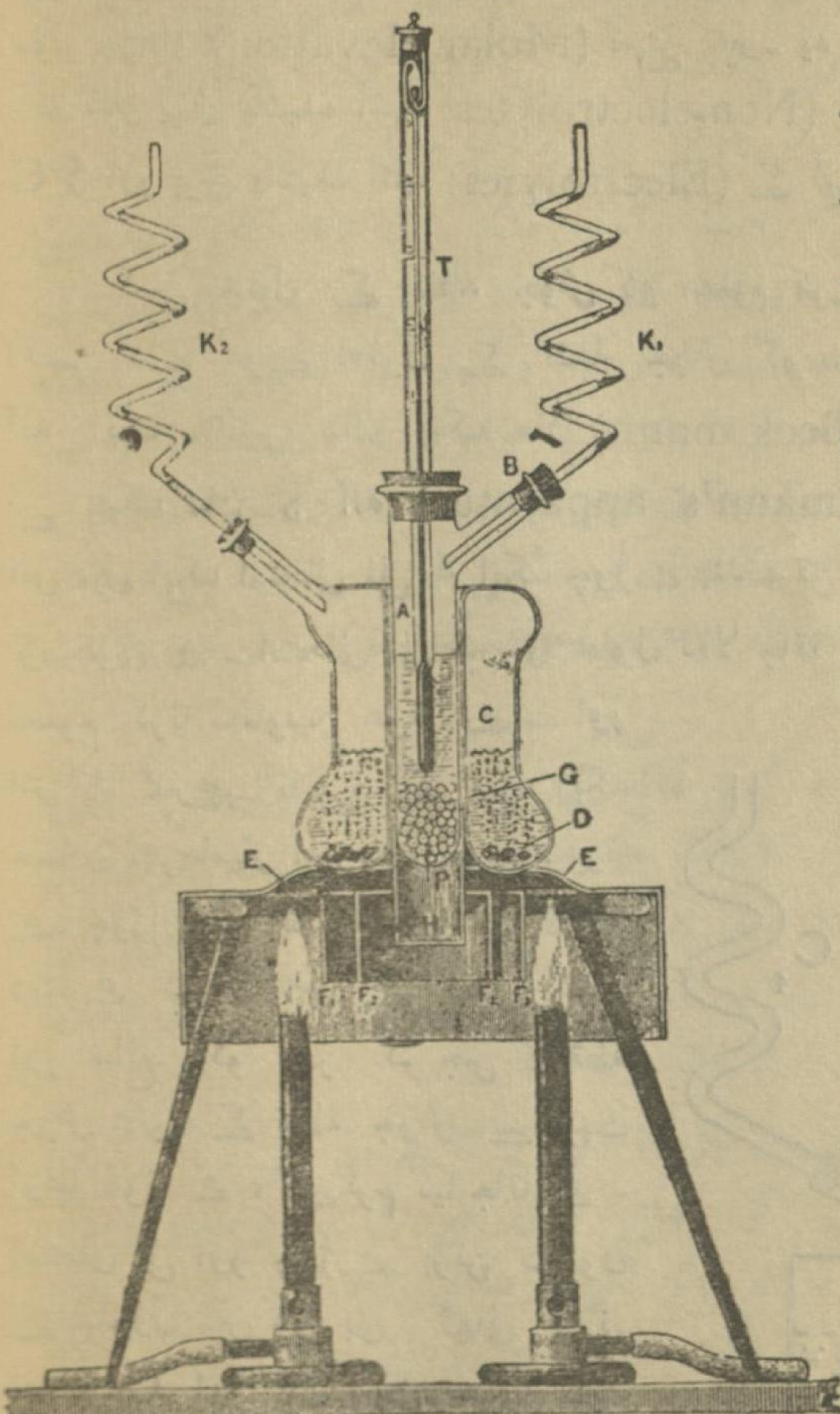
نقطہ جوش کا مالیکیولی چڑھاؤ ۔ جب کسی شے کے ایک گرام مالیکیول کو 100 گرام پانی میں حل کر دیا جائے تو ایسے محلول

کا نقطۂ جوش خالص پانی کے نقطۂ جوش سے جتنا اُونچا ہو جاتا ہے اُسے اُس شے کے نقطہ جوش کا **مالیکیولی چڑھاؤ** (Molecular elevation) یا مولر چڑھاؤ (Molar elevation) کہتے ہیں۔ یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ غیر برق پاشیدہ اشیا (Non-electrolytes) کے لیے مالیکیولی چڑھاؤ 5°C اور برق پاشیدہ اشیا (Electrolytes) کے لیے 10°C ہوتا ہے۔

کسی محلول کے نقطہ جوش کو معلوم کرنے کا بیک مان کا آلہ۔
کسی دیے ہوئے محلول کے نقطۂ جوش، کو معلوم کرنے کے لیے یہ آلہ ایک سائنس دان بیک مان (Beck mann) کی ایجاد ہے اور اس لیے **بیک مان کا آلہ** (Beckmann's apparatus) کہلاتا ہے۔ اس میں ایک امتحانی نلی A ایک چوڑے بند برتن B کے اندر داخل کی ہوتی ہے۔ امتحانی نلی میں وہ محلول ڈالا جاتا ہے جس کا نقطہ جوش معلوم کرنا مطلوب ہوتا ہے۔ اور اس کا ٹمپریچر ناپنے کے لیے ایک حساس تھرمامیٹر اس میں موجود ہوتا ہے۔ چوڑا برتن ایک جوش دان کا کام دیتا ہے کیونکہ اس کے اندر کسی اور مائع کو بھر کر جس کا نقطۂ جوش محلول کے نقطہ جوش سے بہت آونچا ہوتا ہے، اُسے گرم کیا جاتا ہے۔ امتحانی نلی اور چوڑے برتن دونوں کے پہلوؤں میں دو بل کھائی ہوئی نلیاں C_1 اور C_2 لگی ہوتی ہیں جیسا کہ وہ شکل میں نظر آ رہی ہیں۔ جب بیرونی برتن کو حرارت پہنچائی جاتی ہے تو اس کے اندر کا مائع گرم ہو کر اپنی حرارت امتحانی نلی کو دیتا ہے جس سے امتحانی نلی کے محلول کا ٹمپریچر بڑھتا بڑھتا



اس کے نقطہ جوش تک پہنچ جاتا ہے اور محلول کھولنے لگتا ہے۔ اس وقت تھرمامیٹر پر یہ ٹمپریچر پڑھ لیا جاتا ہے۔



اگر اس تجربے سے پہلے خالص پانی کو امتحانی نلی میں ڈال کر اس کا نقطہ جوش معلوم کرلیا جائے اور بعد میں محلول کا نقطہ جوش دریافت کیا جائے تو محلول کے نقطہ جوش کا چڑھاؤ معلوم کیا جا سکتا ہے اور جب محلول مختلف گاڑھے پن (Con-centration) کے لیے جائیں تو گاڑھے پن اور نقطہ جوش کے درمیان تعلق معلوم کیا جا سکتا ہے -

نوٹ - بیک مان کے مذکورہ آلے کی ایک اور تفصیلی اور خوب صورت شکل اوپر دی گئی ہے -

نقطۂ جوش پر دباؤ کا اثر - کسی مائع کے نقطہ جوش کا انحصار اس کے اوپر کے دباؤ پر بھی ہوتا ہے - چنانچہ دباؤ کے بڑھنے سے نقطۂ جوش

اونچا ہو جاتا ہے اور دباؤ کے کم کر دینے سے نقطہ جوش نیچا ہو جاتا ہے۔ نقطہ انجماد پر بھی دباؤ کا اثر ضرور ہوتا ہے لیکن یہ اثر نقطہ جوش کے مقابلے میں بہت خفیف ہوتا ہے۔ البتہ دباؤ کا اثر نقطہ جوش پر بہت ہوتا ہے۔ مثال کے طور پر پانی پر 130 کرہ ہوائی کا عظیم دباؤ اس کے نقطہ انجماد کو محض 1°C تک نیچا کرتا ہے لیکن پانی پر 16 کرہ ہوائی کا دباؤ اس کے نقطہ جوش کو 100°C کی بجائے 200°C کر دیتا ہے اور اس طرح اس کے نقطہ جوش میں 100°C کے اضافے کا موجب بنتا ہے۔ اسی طرح دباؤ کے گھٹانے سے نقطہ جوش میں کافی کمی آ جاتی ہے۔ چنانچہ جب دباؤ کو نارمل قیمت یعنی پارے کے 76 سم سے گھٹا کر 28 سم تک لایا جائے تو نقطہ جوش 100°C سے کم ہو کر قریباً 74°C رہ جاتا ہے۔ ذیل کے نقشے میں پانی کے نقطہ جوش کو مختلف دباؤ پر ظاہر کیا گیا ہے۔

نقطۂ جوش	بیرونی دباؤ (پارے کے سم میں)
50°C	9·2
59°C	14·2
74°C	27·6
88°C	48·6
96°C	65·8
100°C	76·0
110°C	107·5

تبخیر کی مخفی حرارت ۔ کسی مائع کے ایک گرام کو اس کے نارمل نقطۂ جوش پر ٹمپریچر کی تبدیلی کے بغیر مائع سے گیسی حالت میں تبدیل کرنے کے لیے جتنی حرارت (کلوریوں میں) درکار ہوتی ہے، اسے اس مائع کی **تبخیر کی مخفی حرارت** (Latent heat of vaporization) کہتے ہیں۔

کسی شے کی تبخیر کی مخفی حرارت اس شے کی پگھلاؤ کی مخفی حرارت سے ہمیشہ بہت زیادہ ہوتی ہے۔ مثلاً پانی کی پگھلاؤ کی مخفی حرارت،

جسے برف کی مخفی حرارت کہتے ہیں، 80 کلوری ہے - مگر اس کے مقابلے میں پانی کی تبخیر کی مخفی حرارت ، جو بھاپ کی مخفی حرارت کہلاتی ہے ، 540 کلوری ہوتی ہے - اس کی وجہ یہ ہے کہ جب کسی شے کو مائع سے گیسی حالت میں منتقل کیا جاتا ہے تو اس کے مالیکیولوں کو نسبتاً زیادہ فاصلے تک پرے پرے ہٹانا پڑتا ہے جس سے ان کے درمیان باہمی کشش عملی طور پر باقی نہیں رہتی - اس کے برعکس جب اسی شے کو ٹھوس سے مائع حالت میں منتقل کیا جاتا ہے تو اس کے مالیکیولوں کو نسبتاً تھوڑے فاصلے تک پرے ہٹانا پڑتا ہے جس سے ان کے درمیان باہمی کشش کم تو ہو جاتی ہے مگر معدوم نہیں ہوتی - اس لیے پہلی صورت میں جو اندرونی کام مالیکیولوں پر کرنا پڑتا ہے وہ اس سے کہیں زیادہ ہوتا ہے جو دوسری صورت میں ان پر کرنا ہوتا ہے - علاوہ ازیں پہلی صورت میں یعنی مائع سے گیسی حالت میں منتقل ہونے میں دوسری صورت یعنی ٹھوس سے مائع میں منتقل ہونے کے مقابلے میں حجم میں اضافہ زیادہ ہوتا ہے اور اس وجہ سے بیرونی کام بھی زیادہ درکار ہوتا ہے - اب یہ دونوں کام یعنی اندرونی کام اور بیرونی کام حرارت ہی سے انجام پاتے ہیں - اس لیے مائع کو گیسی حالت میں تبدیل ہونے کے لیے جتنی حرارت کی ضرورت پڑتی ہے وہ اس حرارت سے ، جو ٹھوس سے مائع کی تبدیلی میں صرف ہوتی ہے ، مقدار میں بہت زیادہ ہوتی ہے - دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ **کسی شے کی تبخیر کی مخفی حرارت اس شے کی پگھلاؤ کی مخفی حرارت سے زیادہ ہوتی ہے -**

ذیل میں بعض مشہور مائعات کے نارمل نقطہ جوش اور تبخیر کی مخفی حرارت کی قیمتیں درج ہیں :

مائع	نارمل نقطہ جوش	تبخیر کی مخفی حرارت (کلوری فی گرام میں)
پارہ	35·7°C	68
ایتھر	34·6°C	83
الکوحل	78·3°C	206
امونیا	−33·5°C	341
پانی	100·0°C	538

مائع کا گیسی حالت میں منتقل ہونا - کسی مائع کا گیسی حالت میں منتقل ہونا دو علیحدہ علیحدہ عملوں کے ماتحت واقع ہوتا ہے جس میں ایک کو **تبخیر** (Evaporation) اور دوسرے کو **جوش** یا **کھولاؤ** (Boiling) کہتے ہیں - تبخیر ایک مدھم عمل ہے جو مائع کی سطح پر سے آہستہ آہستہ ہر ٹمپریچر پر جاری رہتا ہے ، لیکن جوش ایک تیز عمل ہے جو سارے مائع میں تیزی کے ساتھ ایک خاص ٹمپریچر پر جاری ہوتا ہے - اسے اس مائع کا **نقطہ جوش** (Boiling point) کہتے ہیں -

تبخیر کی مخفی حرارت معلوم کرنے کا آمیزشی طریقہ - اس طریقے کا اصول یہ ہے کہ ایک کلوری میٹر کے اندر ، جس کا آب مساوی w ہوتا ہے ، m_1 گرام پانی لیا جاتا ہے اور تھرمامیٹر سے اس کا ٹمپریچر θ_1 ناپا جاتا ہے - پھر جس مائع کی تبخیر کی مخفی حرارت معلوم کرنا مقصود ہو اس کو ایک جوش دان میں کھولا کر بخارات میں تبدیل کیا جاتا ہے اور یہ بخارات ، جس کا ٹمپریچر θ_2 ہوتا ہے ، کلوری میٹر کے پانی میں گزارے جاتے ہیں - آخر میں آمیزے کا ٹمپریچر θ_3 اسی تھرمامیٹر سے ناپا جاتا ہے اور کلوری میٹر کو وزن کر کے پانی میں شامل ہونے والے بخارات کا وزن m_2 معلوم کیا جاتا ہے - تب اگر دیے ہوئے مائع کی تبخیر کی مخفی حرارت L ہو اور اس کی حرارت مخصوصہ S ہو تو بخارات کی خارج کردہ حرات

$$=m_2L+m_2S\ (\theta_2-\theta_3)$$

کلوری میٹر اور پانی کی حاصل کردہ حرارت

$$=(m_1+w)\ \theta_3-\theta_1$$

$\therefore$ حاصل کردہ حرارت = خارج کردہ حرارت

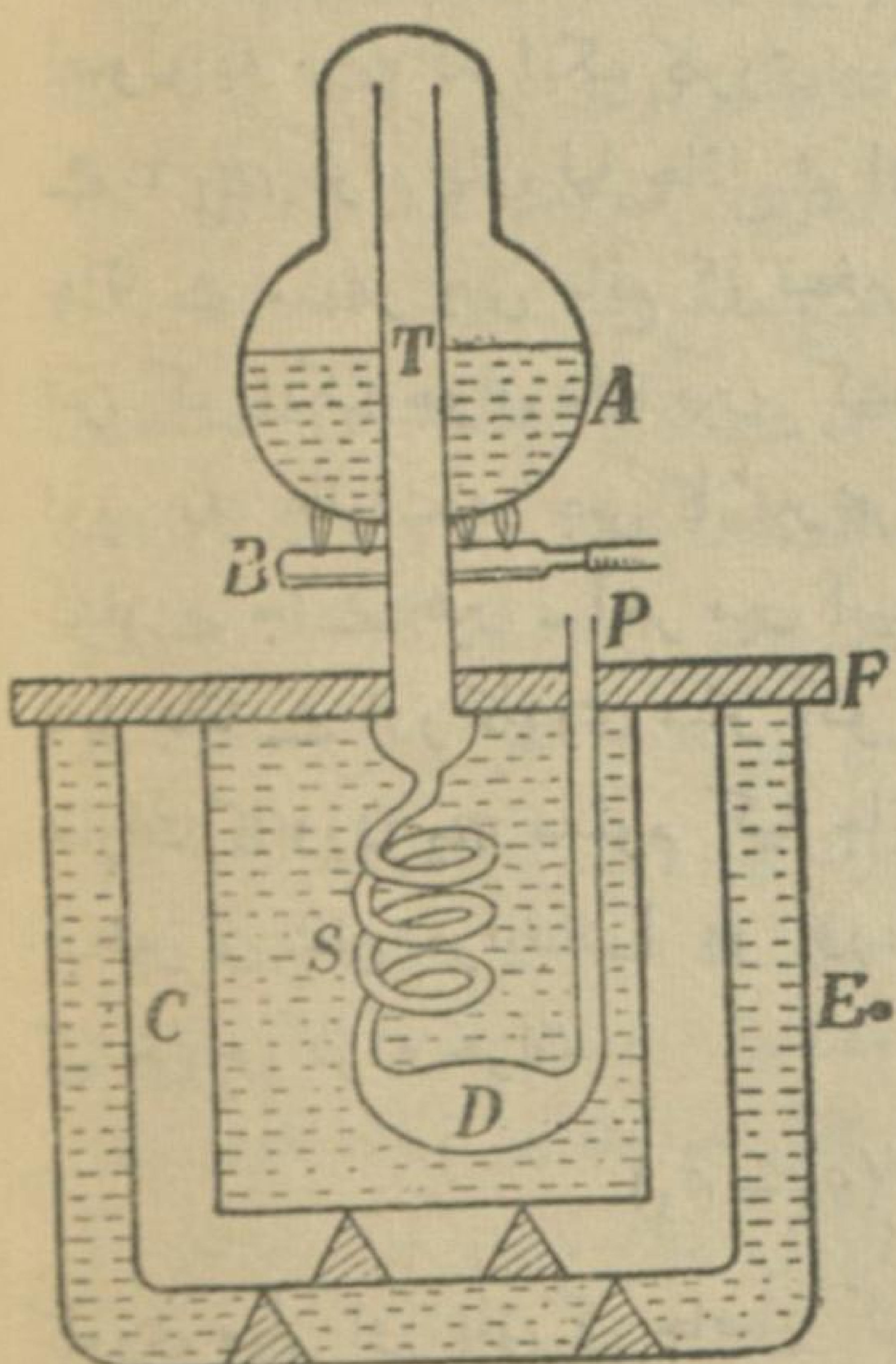
$$\therefore \quad m_2L+m_2S(\theta_2-\theta_3)=(m_1+w)\ (\theta_3-\theta_1)$$

یا

$$m_2L=(m_1+w)\ (\theta_3-\theta_1)-m_2S(\theta_2-\theta_3)$$

$$\therefore \quad L=\frac{(m_1+w)\ (\theta_3-\theta_1)-m_2S(\theta_2-\theta_3)}{m_2}$$

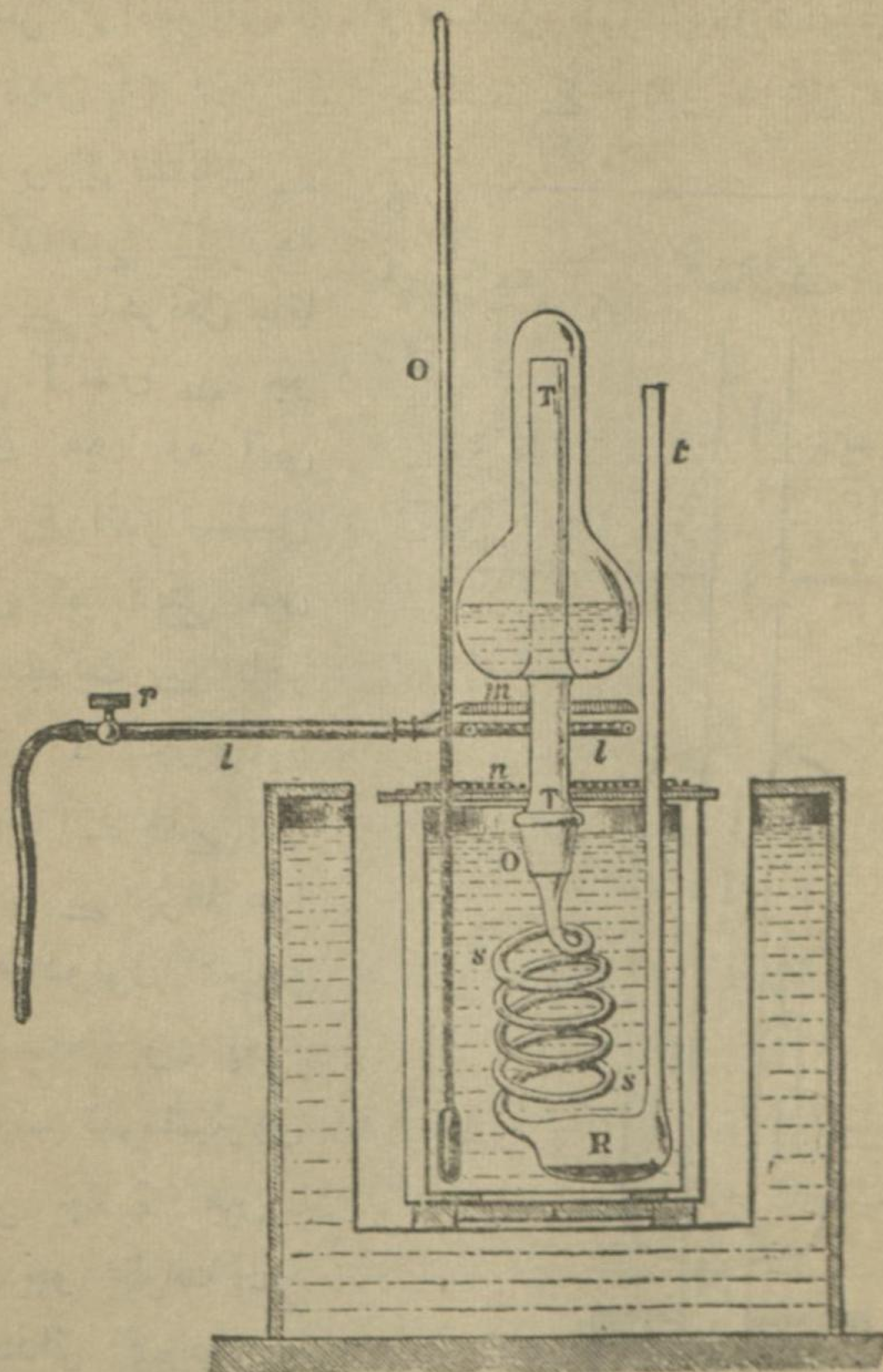
اوپر کے آمیزشی طریقے کو عمدگی سے برتنے کے لیے ایک سائنس دان برتھیلو (Berthelot) نے ایک آلہ ایجاد کیا ہے جو برتھیلو کا آلہ (Berthelot's apparatus) کہلاتا ہے۔ اس آلے میں شیشے کے ایک برتن A میں اس مائع کو ڈال کر جوش دیا جاتا ہے جس کی تبخیر کی مخفی حرارت معلوم کرنی مطلوب ہوتی ہے۔ اس مائع کے بخارات ایک نلی T کے ذریعے ایک بل دار نلی S اور اس کے نیچے لگے ہوئے مکثفہ (Condenser) D میں سے گزارے جاتے ہیں اور بالآخر ایک اور نلی P میں سے باہر نکل جاتے ہیں۔ نلی S اور مکثفہ D تمام کے تمام اور نلی P کا نیچے کا حصہ یہ سب ایک کلوری میٹر C کے اندر ڈوبے ہوئے ہوتے ہیں جس میں m_1 گرام پانی ابتدائی ٹمپریچر θ_1 پر بھرا ہوتا ہے اور جس کا اپنا آب مساوی w پہلے سے معلوم کیا ہوتا ہے۔ بخارات اپنی حرارت پانی کو دیتے ہیں اور خود مائع بن کر مکثفہ یعنی کنڈنسر (Condenser) میں جمع ہوتے جاتے ہیں۔ تجربے کے خاتمے پر پانی کا آخری ٹمپریچر θ_3 تھرمامیٹر سے ناپ لیا جاتا ہے اور مکثفہ یعنی کنڈنسر کو پہلے اور آخر میں وزن کر کے مائع بنے ہوئے بخارات کے وزن m_2 نکال لیا جاتا ہے۔ بخارات کا ابتدائی ٹمپریچر θ_2



کو ناپنے کی ضرورت نہیں ہوتی، کیونکہ اسے مائع کے نقطہ جوش کے برابر لیا جا سکتا ہے۔ تب اگر مائع کی تبخیر کی مخفی حرارت L ہو اور اس کی حرارت مخصوصہ S ہو تو جیسا کہ پہلے واضح کیا جا چکا ہے

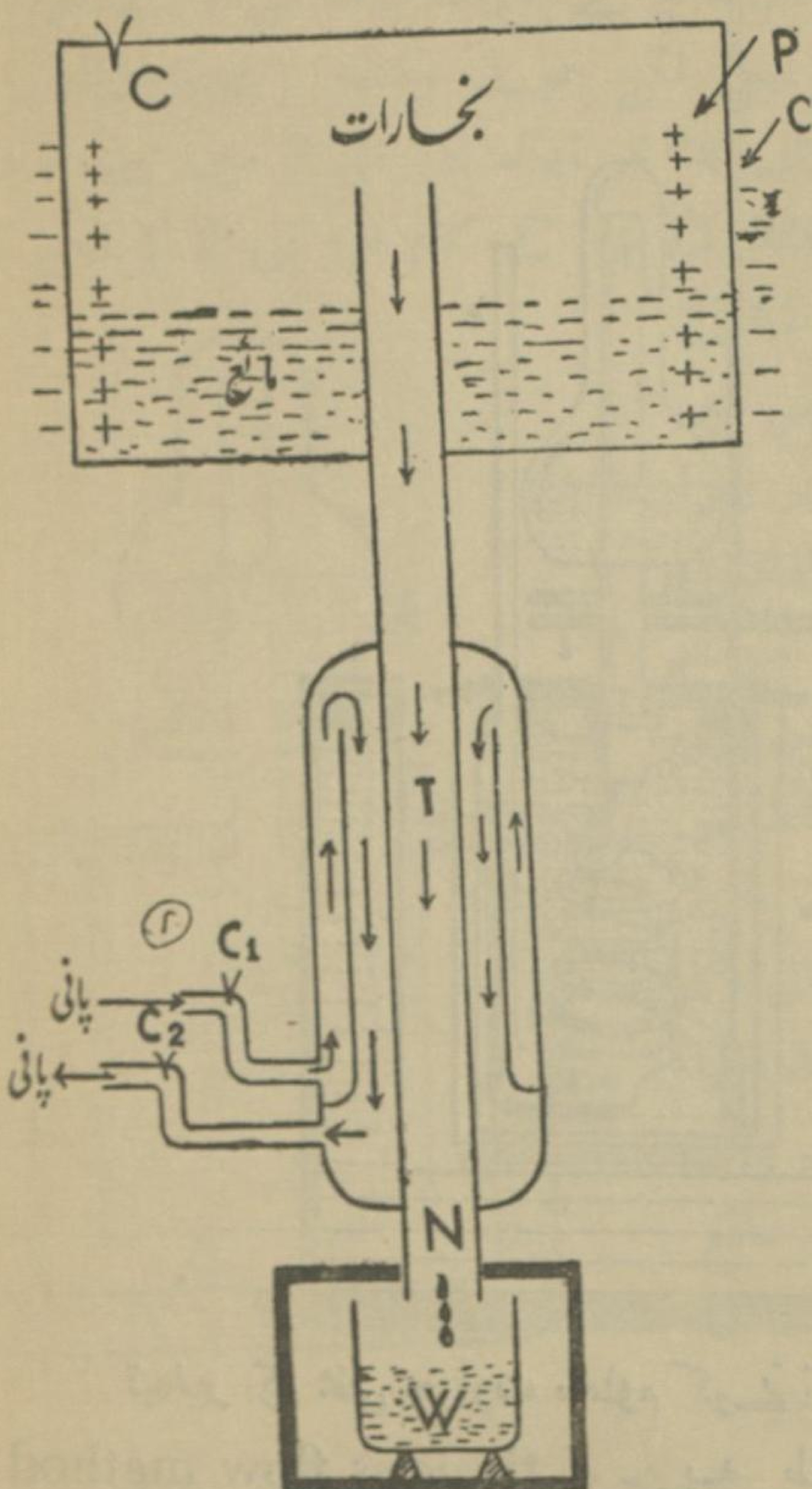
$$L=\frac{(m_1+w)\ (\theta_3-\theta_1)-m_2S\ (\theta_2-\theta_3)}{m_2}$$

نوٹ ۔ برتھیلو کے اس آلے کی ایک خوبصورت شکل نیچے دی گئی ہے ۔



تبخیر کی مخفی حرارت معلوم کرنے کا مسلسل بہاؤ کا طریقہ (Con-tinuous flow method) ۔ یہ طریقہ دو سائنس دانوں آبری (Awbery) اور گرفتھ (Griffiths) کی ایجاد ہے ۔ اس طریقے میں دھات کے ایک برتن C میں دیے ہوئے مائع کو جس کی تبخیر کی مخفی حرارت معلوم کرنی مطلوب ہوتی ہے ، ڈالا جاتا ہے ۔ اس برتن کے گرد برق تاروں کے لچھے لگے ہوئے ہوتے ہیں جن میں بجلی کی رو گزار کر حرارت پہنچائی جاتی ہے ، یہاں تک کہ اس کے اندر پڑا ہوا

مائع جوش کھا کر بخارات میں تبدیل ہونے لگتا ہے - یہ بخارات ایک لمبی نلی T میں سے گزرتے ہیں - اس نلی سے بیرونی طرف ایک جیکٹ لگا ہوتا ہے جس کے اندر پانی کا بہاؤ مسلسل طور پر جاری رکھا جاتا ہے - یہ پانی ایک نکاس C_1 میں سے جیکٹ کے اندر داخل ہوتا ہے اور اس کے اندر (تیر کے نشانات کے ساتھ ساتھ) گھومنے کے بعد نکاس C_2 میں سے باھر نکل جاتا ہے - لمبی نلی T میں سے جو بخارات گزرتے ہیں وہ اپنی حرارت جیکٹ کے اندر مسلسل بہنے والے پانی کو دیتے ہیں جس کے باعث جیکٹ سے باھر نکلنے والے پانی کا ٹمپریچر θ_2 جیکٹ کے اندر آنے والے پانی کے ٹمپریچر θ_1 سے بڑھا ہوا ہوتا ہے - یہ دونوں ٹمپریچر حرارتی برق تھرمامیٹروں یعنی تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹروں سے معلوم کیے جاتے ہیں - برتن C میں جو بخارات بنتے ہیں ان کا ابتدائی ٹمپریچر θ_3 اس حرارتی برق تھرمامیٹر سے ناپا جاتا ہے جو وھاں موجود



ہوتا ہے - پھر جب یہ بخارات نلی T میں سے گزرتے ہوئے اپنی حرارت جیکٹ کے پانی کو دیتے ہیں اور خود مائع بن کر نلی T کے نیچے کے سرے N میں سے ٹپکتے ہیں تو N کے مقام پر اس مائع کا ٹمپریچر θ_4 بھی ایک علیحدہ حرارتی برق تھرمامیٹر سے معلوم کر لیا جاتا ہے - تجربے کے دوران میں ایک سٹاپ واچ کی مدد سے ایک خاص وقت t

کے اندر جیکٹ میں سے بہنے والے مائع کا وزن معلوم کیا جاتا ہے اور اسے t پر تقسیم کر کے فی سیکنڈ بہنے والے پانی کی کمیت m دریافت کی جاتی ہے ۔ اسی طرح وقت t کے اندر نلی T میں جو بخارات مائع بن کر سرے N میں سے ٹپکتے ہیں ان کا وزن معلوم کرکے فی سیکنڈ تکثیف ہونے والے مائع کی کمیت m_2 دریافت کی جاتی ہے ۔ تب اگر دیے ہوئے مائع کی تبخیر کی مخفی حرارت L ہو اور اس کی حرارت مخصوصہ S ہو تو مائع کے بخارات کی خارج کردہ حرارت

$$=m_2L+m_2S(\theta_3-\theta_4)$$

پانی کی حاصل کردہ حرارت

$$=m_1(\theta_2-\theta_1)$$

$\because$ حاصل کردہ حرارت = خارج کردہ حرارت

$$\therefore\quad m_2L+m_2S(\theta_3-\theta_4)=m_1(\theta_2-\theta_1)$$

یا

$$m_2L=m_1(\theta_2-\theta_1)-m_2S(\theta_3-\theta_4)$$

$$\therefore\quad L=\frac{m_1(\theta_2-\theta_1)-m_2S(\theta_3-\theta_4)}{m_2}$$

تبخیر کی مخفی حرارت معلوم کرنے کا برقی طریقہ ۔ اس طریقے میں ایک برقی پتیلی کے اندر دیے ہوئے مائع کی ایک معلوم مقدار ڈال کر اسے برقی رو کے ذریعے گرم کیا جاتا ہے یہاں تک کہ اس کا ٹمپریچر اس کے نقطہ جوش تک جا پہنچتا ہے ۔ اس وقت جونہی مائع کھولنا شروع ہوتا ہے ایک سٹاپ واچ کو چلا دیا جاتا ہے اور اس کی مدد سے مائع کو وقت t تک کھولنے دیا جاتا ہے ۔ اس پتیلی کے برقی سوکٹ میں بہنے والی برقی رو کی پیمائش ایم میٹر کے ذریعے ایمپیئروں میں اور پتیلی کے لچھے یعنی کوائل کے آر پار پوٹانشل کا فرق وولٹ میٹر کے ذریعے وولٹوں میں ناپا جاتا ہے ۔ وقت t کے بعد جب برقی رو بند کر دی جاتی ہے تو مائع کو دوبارہ وزن کیا جاتا ہے اور مائع کے پہلے وزن میں سے اس دوسرے وزن کو تفریق کرکے اس مائع کی کمیت m نکال لی جاتی ہے جو بخارات میں تبدیل ہوا ہے ۔ تب اگر برقی رو کی قیمت I ایمپیئر اور لچھے یعنی کوائل کے آر پار پوٹانشل کا فرق E ہو تو وقت t کے اندر

برقی طریقے سے سپلائی شدہ حرارت

$$=\frac{EIt}{J}$$

جب کہ J حرارت کا کار مساوی ہو - یہ حرارت m گرام مائع کو بخارات میں تبدیل کرنے میں صرف ہوتی ہے اس لیے اگر مائع کی تبخیر کی مخفی حرارت L ہو تو یہ حرارت mL کے برابر ہے - پس

$$mL=\frac{EIt}{J}$$

$$\therefore \quad L=\frac{EIt}{mJ}$$

بخارات اور ان کا دباؤ - کوئی ایسی شے جو عام ٹمپریچر پر مائع ہو جب جوش کھا کر گیس کی صورت اختیار کرتی ہے تو اس کی گیسی حالت کو **بخارات** (Vapour) کا نام دیا جاتا ہے - مثلاً پانی اور الکوحل عام ٹمپریچر پر مائع ہوتے ہیں اس لیے پانی کی گیسی حالت کو **پانی کے بخارات** اور الکوحل کی گیسی حالت کو **الکوحل کے بخارات** کہا جاتا ہے -

گیس اور بخارات دونوں اگرچہ مادہ کی ایک ہی حالت سے تعلق رکھتے ہیں ، مگر سائنس کے نقطۂ نظر سے ان میں ایک بنیادی اختلاف بھی ہے - بخارات کو اگر ٹھنڈک نہ پہنچائی جائے یعنی دوسرے لفظوں میں اگر ان کے ٹمپریچر کو کم نہ کیا جائے تو ان پر محض دباؤ بڑھا دینے سے انہیں مائع بنایا جا سکتا ہے - لیکن گیس پر دباؤ خواہ کتنا ہی بڑھا دیا جائے وہ خالی دباؤ کے عمل سے مائع حالت میں منتقل نہیں ہو سکتی ، بلکہ اسے مائع بنانے کے لیے ضروری ہوتا ہے کہ پہلے اس کو ٹھنڈک پہنچا کر یعنی اس میں سے حرارت کو خارج کرکے اس کے ٹمپریچر کو ایک خاص درجے سے نیچے لایا جائے - اس خاص درجے کو گیس کا **فاصل ٹمپریچر** (Critical temperature) کہتے ہیں اور کوئی گیس دباؤ ڈالنے سے صرف اسی صورت میں مائع بن سکتی ہے جب اس کے ٹمپریچر کو اس کے فاصل ٹمپریچر سے نیچے گرا لیا جائے -

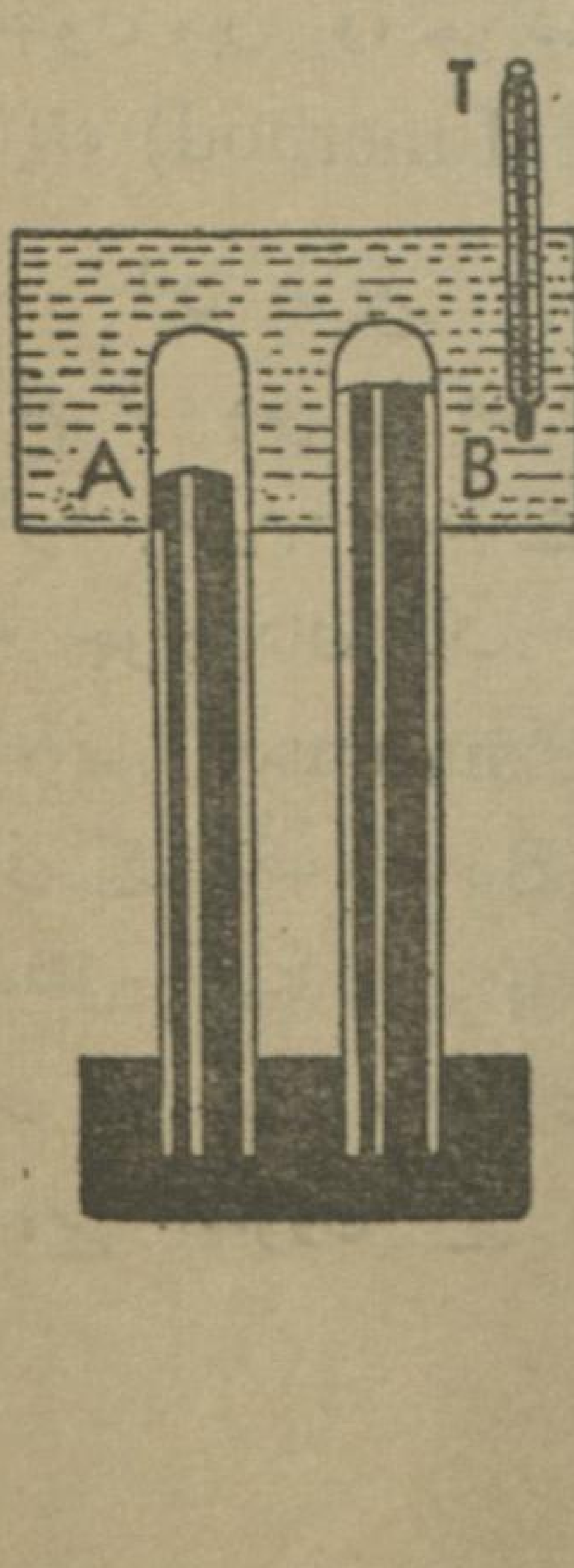
اوپر کی بحث سے ظاہر ہے کہ گیس اور بخارات میں اصل فرق یہ ہے کہ گیس کا فاصل ٹمپریچر عام ٹمپریچر سے نیچا اور بخارات کا فاصل ٹمپریچر

عام ٹمپریچر سے **اُونچا ہوتا ہے**۔ چنانچہ مادے کی جو گیسی حالت عام ٹمپریچر پر اپنے فاصل ٹمپریچر سے اوپر ہوتی ہے وہ گیس کہلاتی ہے اور جو عام ٹمپریچر پر اپنے فاصل ٹمپریچر سے نیچے ہوتی ہے اسے بخارات کا نام دیا جاتا ہے۔

بخارات دباؤ ڈالتے ہیں۔ بخارات کی نوعیت چونکہ گیس کی ہوتی ہے اس لیے گیسوں کی طرح بخارات بھی دباؤ ڈالتے ہیں۔

سیر شدہ اور نا سیر شدہ بخارات۔ جب کسی محصور جگہ میں کسی مائع کے بخارات اتنی مقدار میں موجود ہوں جتنے اس جگہ میں زیادہ سے زیادہ سما سکتے ہوں تو یہ بخارات **سیر شدہ** (Saturated) کہلاتے ہیں لیکن اگر محصور جگہ میں یہ بخارات اس سے کم مقدار میں موجود ہوں تو وہ **نا سیر شدہ** (Unsaturated) ہوتے ہیں۔ سیر شدہ بخارات کا دباؤ سب سے زیادہ ہوتا ہے اور ایک خاص ٹمپریچر پر ایک خاص نوع کے بخارات کے لیے اس کی قیمت مقرر ہوتی ہے۔ اسے بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ بھی کہتے ہیں۔

بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ معلوم کرنا۔ بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ ناپنے کا یہ طریقہ مشہور فرانسیسی سائنس دان **رینو** (Regnault) کی ایجاد ہے جس کی تفصیل حسب ذیل ہے:



بیرومیٹر کی دو نلیاں A اور B لو۔ انہیں باری باری پارے سے بھرو اور ان کا منہ بند کر کے انہیں اُلٹا دو۔ پھر ان کے منہ کو پارے سے بھرے ہوئے ٹب کے اندر داخل کر کے کھول دو۔ پارہ دونوں نلیوں میں تھوڑا سا گرے گا اور پھر ایک خاص سطح پر جا کر جو دونوں نلیوں میں ایک ہی ہوگی، تھم جائے گا۔ ان نلیوں کے اوپر کے حصے کو پانی کے ایک باتھ (Bath) کے اندر داخل کرو تا کہ پانی کو گرم یا ٹھنڈا کر کے نلی کے اوپر کے اندرونی حصے کو ایک خاص ٹمپریچر پر (جو پانی کا ہوگا) رکھا جا سکے۔

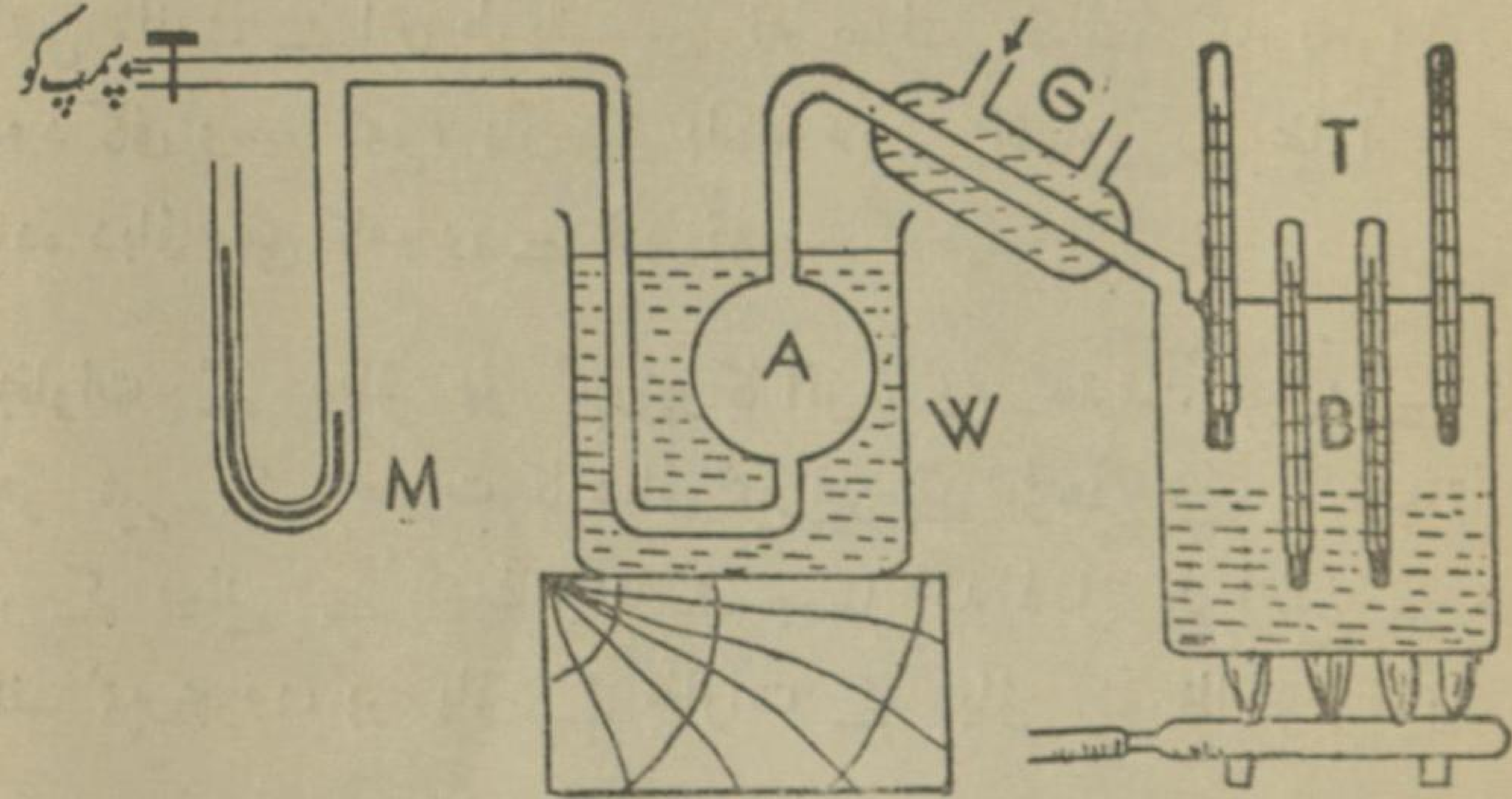
اب B نلی کو تو ویسے ہی رہنے دو مگر A نلی کے نیچے ایک خم دار نالچے یعنی پیپٹ (Pipette) سے دیے ہوئے مائع کے چند قطرے نلی میں داخل کرو ۔ یہ قطرے نلی کے اندر پارے کے اوپر کی خالی جگہ میں جا کر بخارات بن جائیں گے اور ان بخارات کے دباؤ سے پارے کی سطح اس نلی میں تھوڑی سی نیچی ہو جائے گی ۔ اسی طرح دیگر قطرے داخل کیے جاؤ یہاں تک کہ خالی جگہ بخارات سے سیر ہو جائے اور مزید قطرے داخل کرنے پر وہ مائع ہی کی صورت میں پارے کی سطح پر نظر آئیں ۔ اب نلی A اور نلی B کے اندر پارے کی سطحوں کا فرق ناپ لو ۔ یہ فرق بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ کو ظاہر کرے گا اور یہ دباؤ اس ٹمپریچر پر ہو گا جو نلی کے گرد باتھ کا ہے ۔

باتھ کے اس ٹمپریچر کو کم یا زیادہ کرنے کے بعد مذکورہ بالا تجربے کو دہرا کر مختلف ٹمپریچروں پر بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ معلوم کیا جا سکتا ہے ۔

بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ کو ناپنے کا حرکتی طریقہ ۔ یہ طریقہ بھی فرانسیسی سائنس دان رینو (Regnault) ہی کی اختراع ہے ۔ اس میں مائع مسلسل جوش کھاتا اور بخارات میں تبدیل ہوتا رہتا ہے یعنی دوسرے لفظوں میں وہ حرکت میں رہتا ہے ۔ اس وجہ سے اس طریقے کو **حرکتی طریقہ** (Dynamical method) کا نام دیا گیا ہے ۔

اس طریقے میں جو آلہ استعمال کیا جاتا ہے اس میں دیے ہوئے مائع کو جس کے بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ مختلف ٹمپریچروں پر معلوم کرنا مطلوب ہوتا ہے ، تانبے کے ایک جوش دان B میں ڈالا جاتا ہے ۔ یہ جوش دان ایک بہت بڑے گول برتن A کے ساتھ ایک مکثفے یعنی کنڈنسر (Condenser) G کے ذریعے ملا ہوا ہوتا ہے اور گول برتن خود پانی کے ایک (Bath) کے اندر ڈوبا ہوا ہوتا ہے جو اس کے ٹمپریچر کو مستقل رکھتا ہے ۔ یہ گول برتن آگے ایک مینومیٹر (Manometer) M میں سے ہوتا ہوا ایک پمپ کے ساتھ ملا ہوا ہوتا ہے ۔ اس پمپ کے ذریعے اندرون کے دباؤ کو کسی مناسب قیمت پر رکھا جا سکتا ہے

جس کی پیمائش مینومیٹر سے ہو جاتی ہے ۔ جب جوش دان کو نیچے سے حرارت پہنچائی جاتی ہے تو اس کے اندر کے مائع کا ٹمپریچر بڑھتا ہے یہاں تک کہ ایک خاص ٹمپریچر پر پہنچ کر وہ ابلنے لگتا ہے ۔ اس وقت اس کے بخارات کا دباؤ بیرونی دباؤ کے برابر ہوتا ہے جو مائع کے ابلنے کے



لیے بنیادی شرط ہے ۔ جو بخارات اس طور سے بنتے ہیں وہ مکثفے یعنی کنڈنسر G میں جا کر (جس کے گرد ٹھنڈا پانی مسلسل بہتا رکھا جاتا ہے) مائع بنتے ہیں اور یہ مائع واپس جوش دان B میں آ جاتا ہے ۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ جوش دان میں مائع کی مقدار برقرار رہتی ہے اور اس کے اوپر کا دباؤ بھی تبدیل ہونے نہیں پاتا ۔ اب ایک طرف تو تھرمامیٹر کی مدد سے جوش دان B میں ابلتے مائع کا ٹمپریچر ناپ لیا جاتا ہے اور دوسری طرف مینومیٹر کی مدد سے ابلتے مائع کے اوپر کا دباؤ معلوم کیا جاتا ۔

اس تجربے میں پمپوں کے ذریعے مائع کے اوپر کے دباؤ کو حسب ضرورت گھٹایا یا بڑھایا جا سکتا ہے ۔ چنانچہ جب اس میں پانی کو بطور مائع کے استعمال کیا جائے اور اس کے اوپر کا دباؤ عام کرہ ہوائی کے دباؤ سے کافی کم کر دیا جائے تو پانی 100°C سے نیچے یعنی 90°C یا 80°C وغیرہ پر ابلنے لگ جاتا ہے اور اس وقت اس کا جو دباؤ ناپا جاتا ہے وہ اس ٹمپریچر پر اس کے بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ کے برابر ہوتا ہے ۔ اس کے برعکس اگر پانی کے اوپر کے دباؤ کو زیادہ کر دیا جائے تو پانی 100°C سے اوپر یعنی 110°C یا

120°C وغیرہ پر کھولتا ہے اور اس کے آوپر کا پیمائش کردہ دباؤ اس ٹمپریچر پر آبی بخارات کے زیادہ سے زیادہ ٹمپریچر کو ظاہر کرتا ہے۔ رینو (Regnault) نے اس طریقے سے 50°C سے 200°C تک مختلف ٹمپریچروں پر آبی بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ معلوم کیا تھا۔ بعد کے سائنس دانوں نے اس طریقے سے نہ صرف مختلف ٹمپریچروں پر جن کے حدود کافی وسیع تھے، پانی کے بلکہ دیگر اشیاء کے بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ بھی کامیابی سے ناپا تھا۔

بخارات کے دباؤ پر ٹمپریچر کا اثر۔ یہ حقیقت تجربے سے ثابت ہے کہ ہر شے کے بخارات کا دباؤ ٹمپریچر کے بڑھنے سے بڑھ جاتا ہے اور ٹمپریچر کے گھٹنے سے گھٹ جاتا ہے جیسا کہ ذیل کے نقشے سے ظاہر ہے جو مختلف ٹمپریچروں پر پانی کے بخارات کے دباؤ کو ظاہر کرتا ہے۔

مختلف ٹمپریچروں پر پانی کے بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ۔ ذیل کے نقشے میں 10°C سے لے کر 200°C تک مختلف ٹمپریچروں پر پانی کے بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ یعنی دوسرے لفظوں میں سیرشدہ آبی بخارات کا دباؤ درج کیا گیا ہے۔

ٹمپریچر	سیر شدہ آبی بخارات کا دباؤ (پارے کے کالم میں)
−10°C	0·21 سنٹی میٹر
−5°C	0·31 ,,
−0°C	0·46 ,,
5°C	0·65 ,,
10°C	0·92 ,,

سیر شدہ آبی بخارات کا دباؤ (پارے کے کالم میں)	ٹمپریچر
1·75 سنٹی میٹر	20°C
3·17 ,,	30°C
5·51 ,,	40°C
9·23 ,,	50°C
14·92 ,,	60°C
23·35 ,,	70°C
35·51 ,,	80°C
52·58 ,,	90°C
76·0 ,,	100°C
107·45 ,,	110°C
148·9 ,,	120°C
356·9 ,,	150°C
1166·7 ,,	200°C

کل حرارت - کسی ٹمپریچر پر ایک مائع کے سیر شدہ بخارات کی **کل حرارت** (Total heat) سے حرارت کی وہ مقدار مراد ہوتی ہے جو اس مائع کے ایک گرام کو 0°C سے t°C تک گرم کرنے اور t°C پر اسے سیر شدہ بخارات میں تبدیل کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے -

مشہور فرانسیسی سائنس دان رینو (Regnault) نے پانی (یعنی بھاپ) کی کل حرارت مختلف بیرونی دباؤ کے ماتحت معلوم کی - بیرونی دباؤ کو کم یا زیادہ کرنے سے پانی کا کھولاؤ کا درجہ نیچا یا اونچا ہو جاتا تھا - اس لیے دریافت کردہ کل حرارت (Total heat) کھولاؤ کے مختلف درجوں پر تھی - رینو نے ان مشاہدات سے یہ نتیجہ نکالا کہ اگر کھولاؤ کا درجہ یعنی نقطہ جوش θ ہو اور اس ٹمپریچر θ پر کل حرارت V ہو تو پانی (یعنی بھاپ) کے لیے

$$Q=606{\cdot}5+0{\cdot}305\,\theta\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

اس مساوات کی تشریح ایک مثال سے ہوتی ہے - فرض کیجیے کہ نارمل دباؤ (یعنی پارے کے 76 سم دباؤ) کے ماتحت ہم ایک گرام پانی کو 0°C سے گرم کرنا شروع کرتے ہیں - چونکہ اس خاص حالت میں اس کا نقطہ جوش 100°C ہے اس لیے اوپر کی مساوات میں θ کی قیمت 100 لینے سے

$$Q=606{\cdot}5\ +\ 0{\cdot}305\ \times\ 100$$
$$=606{\cdot}5\ +\ 30{\cdot}5\ =\ 637\ (\text{کلوری})$$

اب کل حرارت Q کی تعریف کے مطابق اس خاص صورت میں یہ حرارت کی وہ مقدار ہے جو ایک گرام پانی کو پہلے 0°C سے 100°C تک گرم کرنے اور پھر 100°C پر اسے مائع حالت سے بھاپ میں منتقل کرنے میں درکار ہوتی ہے - اس لیے اگر بھاپ کی مخفی حرارت L ہو تو

$$Q=1\times100+L=100+L$$

مگر اوپر کے حساب سے

$$Q=637$$
$$\therefore\quad 100+L=637$$
$$\text{یا}\quad L=637-100=537\ (\text{کلوری})$$

چونکہ بھاپ کی مخفی حرارت فی الواقع 537 کے لگ بھگ ہوتی ہے اس لیے اس مثال سے کل حرارت کے متعلق رینو کی مساوات کی تصدیق ہو جاتی ہے -

اندرونی اور بیرونی مخفی حرارت - جب کوئی مائع بخارات میں تبدیل ہوتا ہے توگیسی حالت میں اس کا حجم بہت زیادہ بڑھ جاتا ہے - مثال کے طور پر 100°C پر پانی جب مائع حالت میں ہو تو اس کا حجم قریباً 1 مکعب سنٹی میٹر ہوتا ہے لیکن جب اسی ٹمپریچر پر یہ پانی گیسی حالت میں یعنی بھاپ میں منتقل ہوتا ہے تو نارمل دباؤ کے ماتحت اس بھاپ کا حجم 1647 مکعب سنٹی میٹر ہو جاتا ہے - اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ کسی مائع کے گیسی حالت میں تبدیلی ہونے پر اس کے حجم کی زیادتی کتنی عظیم ہوتی ہے - حجم کی اس زیادتی کے پیدا کرنے کے لیے کام کرنا پڑتا ہے اور یہ کام اس مخفی حرارت کے ایک حصے سے سر انجام پاتا ہے جو مائع کو گیسی حالت میں بدلنے میں درکار ہوتی ہے - علاوہ ازیں مائع جب گیسی حالت میں منتقل ہوتا ہے تو اس کی اندرونی توانائی بڑھ جاتی ہے اور مخفی حرارت کا باقی حصہ اس کام میں صرف ہوتا ہے - اس لحاظ سے مخفی حرارت کے دو حصے ہو جاتے ہیں - ایک حصہ مائع کے حجم بڑھانے کے کام آتا ہے ، اسے **بیرونی مخفی حرارت**(External latent heat) کہتے ہیں ، دوسرا حصہ اس کی اندرونی توانائی کو بڑھاتا ہے ، اسے **اندرونی مخفی حرارت** (Internal latent heat) کا نام دیا جاتا ہے -

مثال - اندرونی مخفی حرارت اور بیرونی مخفی حرارت کی مزید وضاحت بھاپ کی مثال سے کی جاتی ہے -

جب پانی بھاپ میں منتقل ہوتا ہے تو اس عمل کے لیے اس کو 539 کلوری فی گرام حرارت کی ضرورت ہوتی ہے جو اس کی مخفی حرارت کہلاتی ہے - چونکہ ایک گرام پانی کا حجم نقطہ جوش پر قریباً ایک مکعب سنٹی میٹر ہوتا ہے اور جب یہ اسی ٹمپریچر پر نارمل دباؤ کے ماتحت بھاپ بنتا ہے تو اس کا حجم 1647مکعب سنٹی میٹر ہو جاتا ہے ، اس لیے حجم کے پھیلاؤ کے لیے اس پر کیا جانے والا بیرونی کام

= دباؤ × حجم کی زیادتی

چونکہ دباؤ نارمل ہے جس کی قیمت پارے کے 76 سم کالم کے برابر ہوتی ہے ، نیز چونکہ پارے کی کثافت اضافی 13·6 ہے اور g کی قیمت

980 سنٹی میٹر فی سکینڈ ہے ، اس لیے جب اس دباؤ کو ڈائن میں منتقل کیا جائے تو یہ $980 \times 13{\cdot}6 \times 76$ ڈائن ہوتا ہے - پھر چونکہ حجم کی زیادتی اوپر کے بیان کے مطابق 1647 مکعب سنٹی میٹر ہوتی ہے اس لیے مذکورہ بیرونی کام

$$= 1647 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 980 \text{ (ارگ)}$$

$$= 1{\cdot}67 \times 10^9 \text{ (ارگ)}$$

اس کام کو جب حرارت کی کلوریوں میں منتقل کیا جائے تو یہ بیرونی مخفی حرارت بن جاتا ہے - اس لیے

$$\text{بیرونی مخفی حرارت} = \frac{1{\cdot}67 \times 10^9}{J} = \frac{1{\cdot}67 \times 10^9}{4{\cdot}2 \times 10^7}$$

$$= 39{\cdot}7 \text{ (کلوری)}$$

(جب کہ J حرارت کا کار مساوی ہے جس کی قیمت $4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ ہوتی ہے -

$$\because \quad \text{بھاپ کی مخفی حرارت} = 539 \text{ (کلوری)}$$

$$\text{بھاپ کی بیرونی حرارت} = 39{\cdot}7 \text{ (کلوری)}$$

$$\therefore \quad \text{بھاپ کی اندرونی مخفی حرارت} = 539 - 39{\cdot}7$$

$$= 499{\cdot}3 \text{ (کلوری)}$$

پس بھاپ کی مخفی حرارت جس کی قیمت 539 کلوری فی گرام ہوتی ہے دو حصوں یعنی بیرونی مخفی حرارت اور اندرونی مخفی حرارت پر مشتمل ہے - اس میں سے بیرونی مخفی حرارت کی قیمت 39·7 کلوری فی گرام اور اندرونی مخفی حرارت کی قیمت 499·3 کلوری فی گرام ہوتی ہے -

مالیکیولی مخفی حرارت - کسی مائع کے مالیکیولی وزن (M) اور اس کی تبخیر کی مخفی حرات (L) کے حاصل ضرب (ML) کو اس مائع کی **مالیکیولی مخفی حرارت** (Molecular latent heat) کہتے ہیں - مثلاً پانی کا مالیکیولی وزن 18 ہے اور اس کی تبخیر کی مخفی حرارت 540 کلوری ہے جس سے اس کی مالیکیولی مخفی حرارت 540×18 یعنی 2260 کلوری ہوتی ہے -

ٹراؤٹن کا قاعدہ - کسی مائع کی مالیکیولی مخفی حرارت (ML) اور مطلق پیمانے میں اس کے نقطہ جوش (T) کی نسبت تمام مائعات کے لیے 20 کے

برابر ہوتی ہے - اسے ٹراؤٹن کا قاعدہ (Trouton's rule) کہتے ہیں -

ٹراؤٹن کا بیان ہے کہ اس کے قاعدے کے مطابق ML اور T کی یہ نسبت تمام مائعات کے لیے 20 ہوتی ہے - لیکن حقیقت یہ ہے کہ ٹراؤٹن کا یہ قاعدہ ایک ناقص قاعدہ ہے کیونکہ کسی مائع کی تبخیر کی مخفی حرارت کا انحصار اس دباؤ پر ہوتا ہے جس کے ماتحت وہ مائع ابل رہا ہو۔ چنانچہ دباؤ کے تبدیل ہوجانے سے جہاں اس کا نقطہ جوش اونچا یا نیچا ہو جاتا ہے تو اس کی مخفی حرارت کی قیمت بھی بدل جاتی ہے اور اس طرح $\frac{ML}{T}$ کی نسبت میں بھی فرق آ جاتا ہے - مثلاً جب پانی 76 سم کے دباؤ کے ماتحت 100°C (یعنی 373°K) پر ابلتا ہے تو اس کی مخفی حرارت 539 کلوری فی گرام اور اس کی مالی کیولی مخفی حرارت جو اس کے مالیکیولی وزن 18 اور اس کی مخفی حرارت 539 کا حاصل ضرب ہے 18×539 یعنی 9702 کلوری فی گرام ہوتی ہے - اس وجہ سے اس ٹمپریچر پر $\frac{ML}{T}$ کی قیمت $\frac{9702}{373}$ یعنی قریباً 26 ہوجاتی ہے نہ کہ 20- لیکن اگر پانی پر دباؤ کو بہت زیادہ بڑھا دیا جائے جس سے اس کا نقطہ جوش 100°C کی بجائے 230°C (یعنی 503°K) ہو جائے تو اس کی مخفی حرارت کی قیمت 539 کلوری فی گرام سے گھٹ کر 447 کلوری فی گرام ہو جاتی ہے - اس صورت میں مالیکیولی مخفی حرارت (ML) کی قیمت 18×447 یعنی 8049 کلوری فی گرام ہونے کے باعث $\frac{ML}{T}$ کی قیمت $\frac{1046}{503}$ یعنی 16 نکلتی ہے - 190°C اور 230°C کے درمیان البتہ کسی خاص ٹمپریچر پر یہ 20 ہوسکتی ہے - یہی حال دیگر مائعات کا ہے کہ ان کے لیے خاص خاص دباؤ کے ماتحت اور خاص خاص نقطہ جوش پر بے شک $\frac{ML}{T}$ کی قیمت 20 ہوسکتی ہے اور اس خاص صورت میں ان پر ٹراؤٹن کا قاعدہ ٹھیک اترتا ہے ، لیکن ہر نقطہ جوش پر یہ کیفیت نہیں ہوتی ہے -

بخارات کی خاصیتیں - جہاں تک دباؤ ، ٹمپریچر اور حجم کے اثرات کا تعلق ہے ناسیر شدہ بخارات اور سیرشدہ بخارات کی خاصیتیں الگ الگ ہیں ، جن کو مختصر طور پر ذیل میں بیان کیا جاتا ہے -

ناسیر شدہ بخارات کی خاصیتیں - ۱ - ناسیر شدہ بخارات بوائل کے قانون کی پیروی کرتے ہیں - چنانچہ اگر ایک محصور جگہ کے حجم کو جس میں ناسیر شدہ بخارات موجود ہوں، بڑھا دیا جائے تو بخارات کے دباؤ میں اس طور پر کمی آ جاتی ہے کہ حجم اور دباؤ کی حاصل ضرب کی قیمت یکساں رہتی ہے - یہی بات اس صورت میں بھی صادق آتی ہے جب حجم میں کمی پیدا کی جائے، مگر شرط یہ ہے کہ بخارات ناسیر شدہ حالت ہی میں رہیں -

۲ - ناسیر شدہ بخارات چارلس کے قانون کی پیروی کرتے ہیں - چنانچہ اگر ناسیر شدہ بخارات کو اس طور سے گرم یا ٹھنڈا کیا جائے کہ اُن کا دباؤ تو برقرار رہے مگر ان کا حجم حسب ضرورت تبدیل ہو سکے تو ان کے حجم کی یہ تبدیلی چارلس کے قانون کے مطابق واقع ہوگی اور اس لحاظ سے ان بخارات کے حجم کا معیار ایک عام گیس کی طرح $\frac{1}{273}$ ہو گا -

۳ - ناسیر شدہ بخارات مستقل حجم پر دباؤ کی تبدیلی کے عام گیسی قانون کی پیروی کرتے ہیں - چنانچہ اگر ناسیر شدہ بخارات کو مستقل حجم پر گرم یا ٹھنڈا کیا جائے تو ان کا دباؤ اس طور سے زیادہ یا کم ہو گا کہ ان کے دباؤ کے معیار کی قیمت $\frac{1}{273}$ رہے گی جو عام گیسوں کے دباؤ کے معیار کے برابر ہے -

خلاصہ - اوپر کے بیانات کا خلاصہ یہ ہے کہ جہاں تک ٹمپریچر کے ساتھ حجم اور دباؤ کی تبدیلی کا تعلق ہے ناسیر شدہ بخارات عام گیسوں کی سی خاصیتیں رکھتے ہیں بشرطیکہ وہ ناسیر شدہ حالت میں رہیں -

سیرشدہ بخارات کی خاصیتیں - ۱ - اگر ٹمپریچر کو برقرار رکھ کر سیر شدہ بخارات کا (جو اس ٹمپریچر پر زیادہ سے زیادہ دباؤ ڈال رہے ہوں) حجم کم کر دیا جائے تو ان بخارات کا کچھ حصہ مائع بن جائے گا - مگر چونکہ نئی صورت میں بھی وہ سیر شدہ ہی رہیں گے اس لیے ان کا دباؤ پہلے کا سا ہوگا - دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ سیر شدہ بخارات کا حجم کم کرنے پر بھی اُن کے دباؤ میں کوئی زیادتی نہیں ہوگی -

۲ - اگر سیر شدہ بخارات کا حجم اُن کے مائع کی موجودگی میں بڑھا دیا جائے تو اس مائع کی کچھ اور مقدار حسب ضرورت بخارات میں تبدیل ہو جائے گی جس کے باعث حجم کے بڑھ جانے پر بھی بخارات سیر شدہ رہیں گے اور ان کا دباؤ پہلے کا سا ہوگا۔

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ سیر شدہ بخارات (جب تک وہ سیر شدہ حالت میں ہیں) بوائل کے قانون کی پیروی نہیں کرتے۔

۳ - اگر سیر شدہ بخارات کا حجم اُن کے مائع کی غیرموجودگی میں بڑھایا جائے تو بخارات نا سیر شدہ ہو جائیں گے اور حجم میں مزید بڑھ جانے پر اُن کا دباؤ بوائل کے قانون کے مطابق گھٹتا جائے گا۔

۴ - اگر سیر شدہ بخارات کے حجم کو برقرار رکھ کر انہیں مائع کی عدم موجودگی میں گرم کیا جائے تو اُونچے ٹمپریچر پر وہ نا سیر شدہ ہو جائیں گے اور اس کے بعد مزید گرم کرنے پر ان کا دباؤ زیادہ ہوتا جائے گا۔

۵ - اگر سیر شدہ بخارات کے حجم کو برقرار رکھ کر انہیں ان کے مائع کی موجودگی میں گرم کیا جائے تو مائع کی کچھ زائد مقدار حسب ضرورت بخارات میں تبدیل ہوتی جائے گی جس کے باعث اُونچے ٹمپریچر پر بھی یہ بخارات سیر شدہ ہی رہیں گے اور اُن کا دباؤ، جو اس ٹمپریچر کے لیے زیادہ سے زیادہ ہوگا، اس طور سے بڑھ جائے گا کہ ٹمپریچر کے ساتھ اس کے بڑھنے کی شرح $\frac{1}{273}$ سے زیادہ ہو گی۔

مختلف قسم کے بخارات کے آمیزے کا دباؤ - ۱ - اگر کسی محصور جگہ میں مختلف قسم کے بخارات موجود ہوں تو اُن کے آمیزے کا دباؤ ان بخارات میں سے ہر ایک کے علیحدہ علیحدہ اس دباؤ کے مجموعے کے برابر ہوگا جسے وہ اس محصور جگہ میں اکیلے اکیلے موجود ہونے کی صورت میں ڈالتے، بشرطیکہ یہ مختلف قسم کے بخارات آپس میں کیمیائی طور پر ملاپ کرنے والے نہ ہوں۔

۲ - دیے ہوئے ٹمپریچر پر ایک محصور جگہ میں کسی خاص قسم کے بخارات کی جو مقدار سما سکتی ہے اس کی قیمت میں دوسرے بخارات

کی موجودگی یا عدم موجودگی سے کچھ فرق نہیں پڑتا ۔

بخارات کی کثافت ۔ بخارات کی کثافت (Vapour density) کی تعریف مندرجہ ذیل تین طریقوں سے کی جاتی ہے جس سے بخارات کی تین علیحدہ علیحدہ قسم کی کثافتیں حاصل ہوتی ہیں ۔ چنانچہ بخارات کی کثافت کا ذکر کرنے کے ساتھ یہ ذکر بھی نہایت ضروری ہو جاتا ہے کہ اس اصطلاح سے ہماری مراد کثافت کی کس قسم سے ہے ۔

پہلی تعریف ۔ کسی خاص ٹمپریچر اور دباؤ پر ایک مکعب سنٹی میٹر حجم کے بخارات کی کمیت کو (جو گراموں میں ظاہر کی جائے) ان بخارات کی کثافت کا نام دیا جاتا ہے ۔

دوسری تعریف ۔ کسی خاص ٹمپریچر اور دباؤ پر ایک خاص حجم کے بخارات کی کمیت اور اسی ٹمپریچر اور دباؤ پر اتنے ہی حجم کی ہوا کی کمیت کی باہمی نسبت بخارات کی کثافت کہلاتی ہے ۔

$$\text{بخارات کی کثافت} = \frac{\text{بخارات کی کمیت}}{\text{اتنے حجم کی ہوا کی کمیت}}$$

تیسری تعریف ۔ کسی خاص ٹمپریچر اور دباؤ پر ایک خاص حجم کے بخارات کی کمیت کو اسی ٹمپریچر اور دباؤ پر اتنے ہی حجم کی ہائیڈروجن کی کمیت کی باہمی نسبت کو بخارات کی کثافت کہتے ہیں ۔

$$\text{بخارات کی کثافت} = \frac{\text{بخارات کی کمیت}}{\text{اتنے حجم کی ہائیڈروجن کی کمیت}}$$

بخارات کی کثافت ہوا کی کثافت کی نسبت میں ۔ فرض کرو کہ ٹمپریچر T (مطلق) اور دباؤ p پر بخارات کے ایک خاص حجم v کا وزن m ہے اور اسی ٹمپریچر اور دباؤ پر v حجم کی ہوا کا وزن m' ہے ۔ تب اگر بخارات کی کثافت ρ ہو تو

$$\rho = \frac{m}{m'} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

اگر v حجم اور m' وزن کی اس ہوا کا حجم ٹمپریچر 0°C (یا 273°K) اور نارمل دباؤ (76 سم) پر v_0 ہو تو

$$\frac{pv}{T}=\frac{p_0v_0}{T_0}$$

کے مطابق

$$\frac{pv}{T}=\frac{76v_0}{273}$$

$$\therefore \qquad v_0=\frac{273}{T}\times\frac{p}{76}v$$

اگر ہوا کی کثافت نارمل دباؤ اور ٹمپریچر پر ρ_0 ہو تو

$$\rho_0=\frac{\text{کمیت}}{\text{حجم}}=\frac{m'}{v_0}$$

$$\text{یا} \quad m_1=\rho_0v_0$$

$$\because \quad v_0=\frac{273}{T}\times\frac{p}{76}v$$

$$\therefore \quad m'=\rho_0\times\frac{273}{T}\times\frac{p}{76}\times v$$

اس قیمت کو (i) میں شامل کرنے سے

$$\rho=\frac{m}{\rho_0}\times\frac{T}{273}\times\frac{76}{p}\times\frac{1}{v}$$

اوپر کی مساوات میں بخارات کی کثافت ρ ہے ، بخارات کا حجم v ، ان کا ٹمپریچر T اور ان کا دباؤ p ہے اور ρ_0 ہوا کی کثافت ہے جس کی قیمت تجربے سے 0·001293 گرام فی مکعب سنٹی میٹر نکلتی ہے - اس طرح اس مساوات سے بخارات سے کی کثافت ہوا کی کثافت میں ظاہر ہو جاتی ہے -

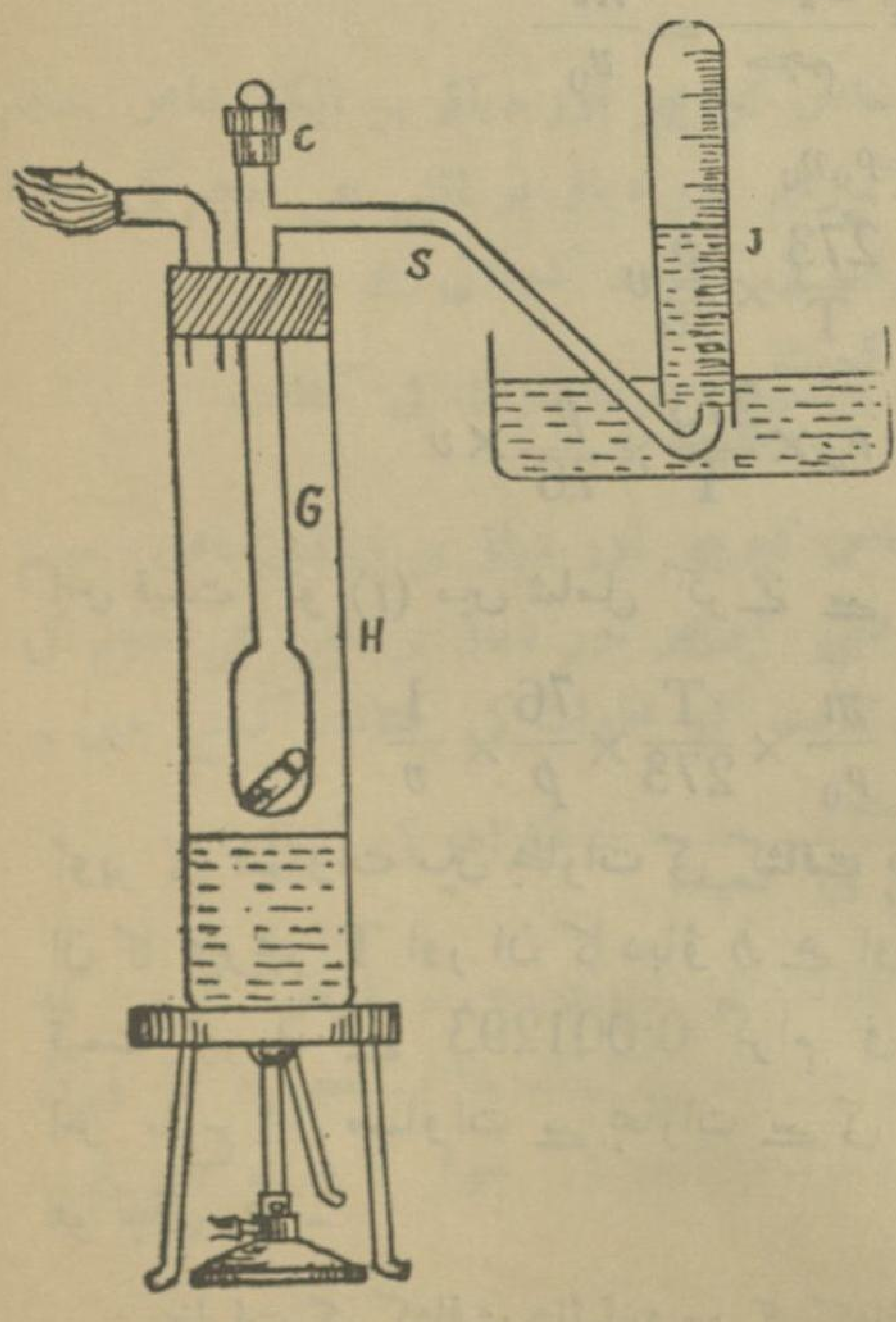
بخارات کی کثافت ہائیڈروجن کی کثافت میں - بخارات کی کثافت ρ کے لیے مساوات

$$\rho=\frac{m}{\rho_0}\times\frac{T}{273}\times\frac{76}{p}\times\frac{1}{v}$$

میں جو اوپر اخذ کی گئی ہے اگر ρ_0 سے ہائیڈروجن گیس کی کثافت (یعنی ہائیڈروجن گیس کی کمیت فی مکعب سنٹی میٹر) لی جائے تو بخارات کی کثافت ہائیڈروجن کی کثافت میں نکل آتی ہے ۔

بخارات کی کثافت معلوم کرنے کا وکٹر میئر کا طریقہ ۔ بخارات کی کثافت معلوم کرنے کا مندرجہ ذیل طریقہ ایک فرانسیسی سائنس دان وکٹر میئر (Victor Meyer) کے ساتھ منسوب ہے اور **وکٹر میئر کا طریقہ** (Victor Meyer's method) کہلاتا ہے ۔

اس طریقے میں شیشے کی ایک لمبی نلی G استعمال کی جاتی ہے جس کے نیچے کے حصے میں ایک لمبوترا بلب بنا ہوتا ہے اور اوپر کے منہ میں ایک کارک C لگا رہتا ہے ۔ علاوہ ازیں اس کے اوپر کے حصے میں ایک طرفی نلی S (Side tube) لگی ہوتی ہے جو ٹیڑھی ہو کر ایک ٹب میں ڈوبی ہوئی ہوتی ہے جس میں پانی بھرا ہوتا ہے ۔ ٹب میں اس نلی کے کھلے منہ کے اوپر ایک درجہ دار سلنڈر پانی سے بھر کر اور الٹا کر کے رکھ دیا جاتا ہے ۔ اصلی نلی G کے بلب میں تھوڑا سا پارہ ڈال دیا جاتا ہے جو اس کے پیندے میں پڑا رہتا ہے اور پھر اس نلی کے منہ میں ربڑ کا ایک کارک لگا دیا جاتا ہے ۔ (بلب میں پارے کے ڈالنے کا فائدہ یہ ہے کہ جب مائع کی چھوٹی شیشی کو اس کے اندر ڈالا جاتا ہے تو یہ بلب کو ٹوٹنے سے محفوظ رکھتا ہے)۔



یہ پوری نلی ایک باتھ (Bath) کے اندر ، جو ایک چوڑے سلنڈر H کی صورت میں ہوتا ہے ، لٹکی ہوتی ہے - اس کے باتھ میں پانی یا کسی مناسب مائع کو ، جس کا نقطۂ جوش زیر تجربہ مائع کے نقطۂ جوش سے اونچا ہوتا ہے ، ڈال کر جوش دیا جاتا ہے - اس پر نلی کے اندر کی ہوا گرم ہو کر طرفی نلی میں سے نکلتی جاتی ہے یہاں تک کہ کچھ عرصے کے بعد ایک توازنی حالت قائم ہو جاتی ہے جس کے بعد ہوا کا مزید نکلنا بند ہو جاتا ہے - اب ٹب میں طرفی نلی کے اوپر درجہ دار سلنڈر پانی سے بھر کر الٹ دیا جاتا ہے اور تمام آلہ اصل تجربہ کرنے کے لیے تیار ہو جاتا ہے - زیر تجربہ مائع ، جس کے بخارات کی کثافت معلوم کرنی مقصود ہوتی ہے ، ایک چھوٹی سی شیشی میں ڈالا جاتا ہے - اس کے منہ میں ایک کارک لگا ہوتا ہے جو مائع کے بخارات کے زور سے کھل جاتا ہے -

اس شیشی کو نلی G میں گرا کر اس نلی کا منہ بند کر دیا جاتا ہے - چونکہ باتھ کے اندر ہونے سے تمام نلی کا ٹمپریچر زیر تجربہ مائع کے نقطۂ جوش سے اونچا ہوتا ہے ؛ اس لیے جونہی مائع سے بھری ہوئی یہ شیشی ، جس کے اندر کے مائع کا وزن پہلے سے معلوم کیا ہوتا ہے ، بلب میں پہنچتی ہے تو مائع بخارات میں تبدیل ہو جاتا ہے - یہ بخارات باقی ماندہ ہوا کو دھکیلتے ہیں جو درجہ دار سلنڈر میں پانی کو اتار کر چڑھتی ہے - درجہ دار سلنڈر میں پانی کی پہلی سطح اور اس کی دوسری سطح کا فرق پڑھ لیا جاتا ہے - یہ فرق اس ہوا کا حجم v ظاہر کرتا ہے اور یہی حجم v زیر تجربہ مائع سے بننے والے بخارات کا ہوتا ہے ، جو اس سے معلوم ہو جاتا ہے - تب اگر بخارات کی کثافت ρ ہو ، تجربے کے وقت v حجم کی اس ہوا کا دباؤ p ہو ، اس کا ٹمپریچر ، جو باتھ کے ٹمپریچر کے برابر ہے ، مطلق پیمانے میں T ہو اور ہوا کی کثافت ρ_0 (گرام فی مکعب سنٹی میٹر) ہو تو جیسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ہے

$$\rho = \frac{m}{\rho_0} \times \frac{T}{273} \times \frac{76}{p} \times \frac{1}{v}$$

اس تجربے میں اگر کرہ ہوائی کا دباؤ P ہو ، T کے مقابلے کا ٹمپریچر $t^\circ C$ ہو ، اس ٹمپریچر پر آبی بخارات کا دباؤ h ہو جو آبی بخارات کے نقشوں سے پڑھا جا سکتا ہے ، تو

$$T=273+t$$

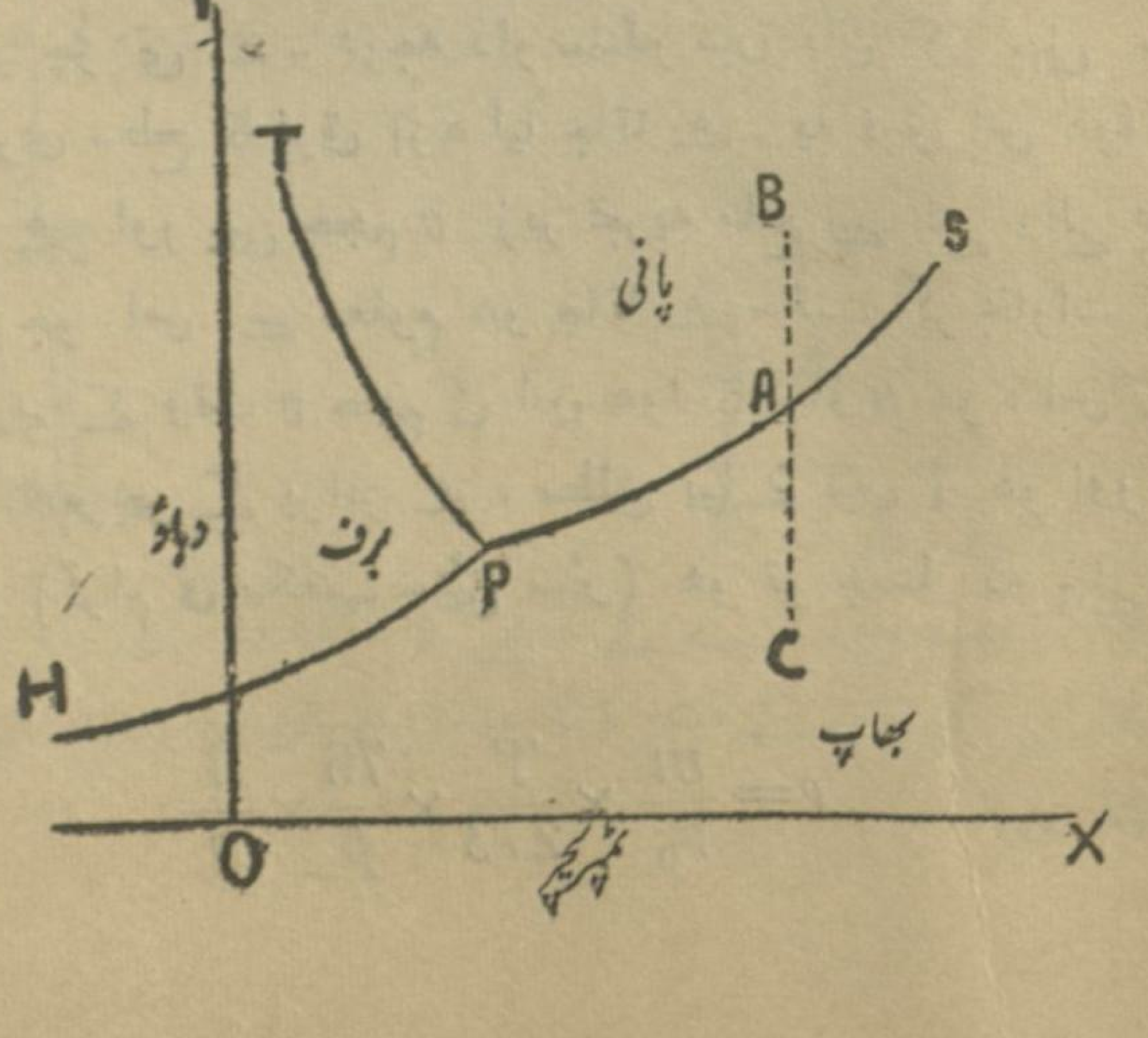
اور $$p=P-h$$

اسے آوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$\rho=\frac{m}{\rho_0}\times\frac{273+t}{273}+\frac{76}{P-h}\times\frac{1}{v}$$

اس مساوات میں زیر تجربہ مائع کی کمیت m وزن کر کے ، t تھرمامیٹر سے اور P بیرومیٹر سے ناپ کر ، h کو نقشوں سے پڑھ کر ، ρ_0 کی قیمت ہوا کے لیے 0·0001273 لگا کر اور v کو تجربے سے معلوم کر کے بخارات کی کثافت ρ نکالی جا سکتی ہے ۔

تہرا نقطہ (Triple point) - پانی کے نقطۂ جوش کا انحصار دباؤ پر ہوتا ہے ۔ چنانچہ دباؤ کے بڑھانے سے یہ آونچا ہو جاتا ہے اور دباؤ کے کم کرنے سے یہ نیچا ہو جاتا ہے ۔ اگر ٹمپریچر کو X— محور کے ساتھ اور دباؤ کو Y — محور کے ساتھ ظاہر کیا جائے ، پھر دباؤ کی مختلف قیمتیں لے کر اور ان کے مقابل کے نقطۂ جوش معلوم کرکے



ان کا گراف کھینچا جائے تو وہ PS سے ظاہر ہوتا ہے ۔ اس PS کو بھاپ کا خط (Steam line) یا تبخیر کا خط (Vaporisation line) کہتے ہیں ۔

صرف یہی وہ خط ہے جس کے ساتھ (مائع) پانی اور بھاپ باہم توازن کی حالت میں ہوتے ہیں ۔ اگر ہم اس خط پر ایک نقطہ A لیں جو ایک خاص ٹمپریچر اور ایک خاص دباؤ کو ظاہر کرتا ہے ، پھر ٹمپریچر کو تو وہی رہنے دیں مگر دباؤ کو بڑھا دیں تو اس نئے نقطے B پر جو خط AB سے اوپر ہے ، باقی تمام کا تمام مائع ہوگا اور بھاپ کا وجود نہیں رہے گا ، لیکن اگر ہم ٹمپریچر کو وہی رکھتے ہوئے دباؤ کو ذرا سا گھٹا دیں تو نئے نقطے C پر ، جو خط AB سے نیچے ہے ، پانی تمام کا تمام بھاپ بن جائے گا اور اس کا کوئی حصہ مائع حالت میں نہ ہوگا ۔ یہی صورت دیگر نقاط پر بھی پیش آئے گی ۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ خط PS کے اوپر تمام نقاط پر پانی محض مائع حالت میں رہے گا اور خط PS کے نیچے محض بھاپ کی حالت میں موجود ہوگا ۔

اب ہم پانی کی ٹھوس صورت یعنی برف کی طرف آتے ہیں ۔ برف کا نقطہ انجماد نارمل دباؤ پر 0°C ہے ۔ لیکن اگر دباؤ بڑھا دیا جائے تو یہ نقطہ انجماد 0°C سے نیچے ہو جاتا ہے یعنی زیادہ دباؤ کے تحت پانی 0°C سے نیچے منجمد ہوتا ہے ۔ اس کے برعکس اگر دباؤ کو گھٹا دیا جائے تو برف کا نقطہ انجماد 0°C سے اوپر ہو جاتا ہے اور برف 0°C سے اوپر کسی ٹمپریچر پر جمنے لگتی ہے ۔ اگر اسی گراف پر دباؤ کی مختلف قیمتیں لے کر اور ان کے مقابل کے نقطہ انجماد معلوم کر کے ان کا گراف کھینچا جائے تو وہ PT سے ظاہر ہوگا ۔ اس خط کو **برف کا خط** (Ice line) کہتے ہیں ۔ صرف یہی وہ خط ہے جس پر مائع (پانی) اور برف باہم توازن کی حالت میں ہوتے ہیں ۔ اس خط کے دائیں طرف کے ہر نقطے پر پانی تمام کا تمام مائع ہوتا ہے ۔ برف کا اس میں وجود نہیں ہوتا اور اس خط کے بائیں طرف کے ہر نقطے پر وہ تمام کا تمام ٹھوس برف کی حالت میں ہوتا ہے ، مائع پانی کا وہاں وجود نہیں ہوتا ۔

چونکہ تبخیر ہر ٹمپریچر پر جاری رہتی ہے ، اس لیے برف کی سطح پر سے بھی بخارات اٹھتے ہیں اور جب برف پر دباؤ کم کر دیا جائے تو برف کی سطح پر سے تبخیر کا عمل بھی تیز ہونے لگتا ہے ۔

برف اور آبی بخارات کے درمیان بھی ایک خط PH اسی گراف پر ایسا کھینچا جا سکتا ہے جس پر برف اور آبی بخارات باہم توازن کی حالت میں ہوتے ہیں ، اس خط کو **کورے کا خط** (Hoar frost line) کہتے ہیں ۔ اس خط کے اوپر کے ہر نقطے پر پانی محض برف کی حالت میں ہوتا ہے اور اس خط کے نیچے کے ہر نقطے پر وہ صرف بخارات کی صورت میں پایا جاتا ہے ۔

یہ بات نظری طور پر ثابت کی جا سکتی ہے اور تجربہ بھی اس کی تصدیق کرتا ہے کہ مذکورہ بالا تینوں خط یعنی بھاپ کا خط ، برف کا خط اور کورے کا خط ایک ہی نقطے P پر ملتے ہیں ۔ اس نقطے کو **تہرا نقطہ** (Triple point) کہتے ہیں ۔ **تہرے نقطے پر برف، پانی اور آبی بخارات ، تینوں باہم توازن کی حالت میں پائے جاتے ہیں** ۔ جہاں تک ٹمپریچر کا تعلق ہے یہ نقطہ 0°C کے بہت قریب یعنی 0·007°C پر پایا جاتا ہے مگر چونکہ اس نقطے کے قریب ہی پانی اور برف دونوں بخارات (یا بھاپ) میں بھی تبدیل ہو جاتے ہیں اس لیے پانی کا نقطہ جوش بھی اس صورت میں 0°C سے بہت اوپر نہیں ہو سکتا ۔ اب پانی کا 0°C کے قریب ابلنا صرف اسی صورت میں ممکن ہو سکتا ہے جب اس پر دباؤ بہت کم ہو ۔ چنانچہ حقیقت بھی یہ ہے کہ تہرے نقطے کے قریب دباؤ محض 5 ملی میٹر یا 0·5 سنٹی میٹر کے لگ بھگ ہوتا ہے اور تہرے نقطے پر یہ دباؤ پارے کے 4·6 ملی میٹر یا 0·46 سنٹی میٹر کے برابر ہوتا ہے ۔

پانی کی طرح دیگر اشیا کا بھی اپنا اپنا تہرا نقطہ ہوتا ہے جس پر دباؤ عموماً بہت کم ہوتا ہے ۔ اس سے پہلے بیان کیا جا چکا ہے کہ پانی کے تہرے نقطے پر دباؤ پارے کے 0·46 سنٹی میٹر کے برابر اور ٹمپریچر 0·007°C ہوتا ہے ۔ ذیل میں پانی کے علاوہ بعض دیگر اشیا کے تہرے نقطوں کے ٹمپریچر اور دباؤ کی قیمتیں درج کی جاتی ہیں ۔

تہرے نقطوں کا نقشہ

تہرے نقطے پر دباؤ	تہرے نقطے پر ٹمپریچر	نام اشیا
5·28 سم	−259·27°C	ھائیڈروجن
9·4 سم	−209·97°C	نائٹروجن
0·114 سم	−218·79°C	آکسیجن
4·56 سم	−77·75°C	امونیا
3·88 سم	56·6°C	کاربن ڈائی او کسائیڈ
0·45 سم	−0·007°C	پانی
9·0 سم	0·114°C	آئیوڈین

تصعید اور تہرا نقطہ - تصعید (Sublimation) اس عمل کو کہتے ھیں جس میں کوئی شے ٹھوس حالت سے مائع بنے بغیر راہ راست بخارات میں تبدیل ھو جاتی ھے - نوشادر اور آئیوڈین ایسی اشیا کی مثالیں ھیں جن پر تصعید کا عمل ھوتا ھے - تصعید کے اس عمل کی تشریح تصعید ھونے والی شے کے تہرے نقطے (Triple point) کے مطالعے سے کی جا سکتی ھے -

تہرے نقطے (Triple point) کے گراف پر غور کرنے سے معلوم ھو گا کہ اگر کسی شے کے بخارات کا دباؤ تہرے نقطے کے دباؤ سے نیچے ھو اور اس کا ٹمپریچر کافی درجے تک کم کر دیا جائے تو وہ PH کی دائیں طرف سے (جہاں اس کی حالت بخارات کی ھے) بائیں طرف کو (جہاں اس کی حالت ٹھوس کی ھے) منتقل ھو جائے گا - دوسرے لفظوں

میں اس کا مطلب یہ ہے کہ وہ بخارات سے براہ راست ٹھوس میں تبدیل ہو جائے گا ۔ اس کے برعکس جب PH کے بائیں طرف کے اس ٹھوس کا ٹمپریچر بڑھایا جائے گا تو وہ براہ راست بخارات میں تبدیل ہو جائے گا ، یعنی اس پر تصعید (Sublimation) کا عمل واقع ہو جائے گا ۔ آئیوڈین اور نوشادر وغیرہ کو یہی کیفیت پیش آتی ہے ، اس لیے ان کا شمار تصعید (Sublimation) ہونے والی اشیا میں ہوتا ہے ۔

رطوبت پیمائی - روئے زمین پر سمندروں ، جھیلوں ، تالابوں اور دریاؤں میں سے پانی تبخیر ہو ہو کر کرہ ہوائی میں شامل ہوتا رہتا ہے جس کے باعث ہوا میں آبی بخارات کم و بیش موجود ہوتے ہیں اور مختلف حالات کے ماتحت ان کی مقدار بدلتی رہتی ہے ۔ جب کسی خاص ٹمپریچر پر ہوا میں آبی بخارات اس زیادہ سے زیادہ مقدار میں موجود ہوں جتنے اس ہوا میں سما سکتے ہیں تو یہ ہوا بخارات سے سیر شدہ (Saturated) کہلاتی ہے ۔ البتہ اگر ہوا میں یہ آبی بخارات اس زیادہ سے زیادہ مقدار سے کم پائے جاتے ہوں تو ہوا بخارات سے نا سیر شدہ (Unsaturated) ہوتی ہے ۔ ہوا کے اندر بخارات کے کم یا زیادہ ہونے کی پیمائش کرنا اور اس طرح اس ہوا کے خشک یا مرطوب ہونے کا اندازہ لگانا **رطوبت پیمائی** (Hygrometry) کہلاتا ہے ۔

اضافی مرطوبیت ۔ کسی خاص ٹمپریچر پر ہوا میں جتنے بخارات فی الواقع موجود ہوں اور جتنے اس کو سیر شدہ بنانے کے لیے درکار ہوں ، ان دونوں کی باہمی نسبت کو **اضافی مرطوبیت** (Relative Humidity) کہتے ہیں ۔ مثلاً اگر ایک خاص محصور ہوا میں آبی بخارات m گرام فی الواقع موجود ہوں اور اسی ٹمپریچر پر M گرام آبی بخارات اس کو سیر شدہ بنا سکتے ہوں تو

$$\text{اضافی مرطوبیت} = \frac{M}{m}$$

ہوا کے خشک یا مرطوب ہونے کا انحصار اس کی اضافی مرطوبیت پر ہوتا ہے ، محض اس کے اندر آبی بخارات کی مقدار پر نہیں ہوتا ،

کیونکہ ہو سکتا ہے کہ ہوا میں آبی بخارات کی مقدار زیادہ ہو مگر وہ نسبتاً کم مرطوب ہو یا ہوا میں آبی بخارات کی مقدار کم ہو مگر وہ نسبتاً زیادہ مرطوب ہو ۔ یہ بات ایک مثال سے واضح کی جاتی ہے ۔

فرض کیجیے کہ ہوا کے ایک خاص نمونے میں جس کا ٹمپریچر 30°C ہے، کل 10 گرام آبی بخارات سما سکتے ہیں مگر اس کے اندر فی‌الواقع 4 گرام آبی بخارات موجود ہیں تو اس کی اضافی مرطوبیت $\frac{4}{10}$ یعنی 40 فی صد ہوگی ۔ اب اگر کسی نیچے کے ٹمپریچر پر اس ہوا میں کل 5 گرام آبی بخارات اس کو سیر شدہ کر سکتے ہوں اور فی‌الواقع اس میں 3·5 گرام موجود ہوں تو اس کی اضافی مرطوبیت $\frac{3·5}{5}$ یعنی 70 فی صد ہوگی ۔ اس مثال سے ظاہر ہے کہ پہلی صورت میں ہوا میں اگرچہ 4 گرام آبی بخارات موجود ہیں مگر وہ نسبتاً کم مرطوب ہوتی ہے ۔ اس کے برعکس دوسری صورت میں اس کے اندر 3·5 گرام آبی بخارات موجود ہیں مگر وہ نسبتاً زیادہ مرطوب ہو جاتی ہے ۔ اس سے ثابت ہو جاتا ہے کہ **ہوا کے خشک یا مرطوب ہونے کا انحصار محض اس کے اندر آبی بخارات کی مقدار پر نہیں ہوتا بلکہ اس مقدار اور اسے سیر شدہ کرنے والی مقدار کی باہمی نسبت یعنی اس کی اضافی مرطوبیت پر ہوتا ہے ۔**

عام طور پر اگر ہوا کی اضافی مرطوبیت 50 فی صد یا اس سے زیادہ ہو تو وہ مرطوب اور نم دار سمجھی جاتی ہے لیکن اگر یہ اضافی مرطوبیت 50 فی صد سے کم ہو تو یہ ہوا خشک ہوتی ہے اور یہ جتنی زیادہ کم ہوتی جائے اتنی ہی ہوا زیادہ خشک ہوتی جاتی ہے ۔

کسی مقام کی خشک یا مرطوب ہوا ۔ ایک مقام کی ہوا میں اضافی مرطوبیت ہمیشہ ایک ہی جتنی نہیں رہتی ۔ جب بادل گھر آتے ہیں تو یہ مرطوبیت بہت بڑھ جاتی ہے ۔ مگر موسم کے خشک ہو جانے پر اس میں کمی آ جاتی ہے ۔ اس وجہ سے کسی مقام کی آب و ہوا کے خشک یا مرطوب ہونے کا اندازہ لگانے کے لیے دستور یہ ہے کہ سال بھر کے تمام دنوں میں وہاں کی ہوا کی اضافی مرطوبیت معلوم کی جائے اور پھر اس کی اوسط نکالی جائے ۔ یہ اوسط جتنی زیادہ ہوگی اتنی ہی

اس مقام کی آب و ہوا مرطوب سمجھی جائے گی اور یہ اوسط جتنی کم ہوگی اتنی ہی اس مقام کی آب و ہوا خشک ہوگی ۔

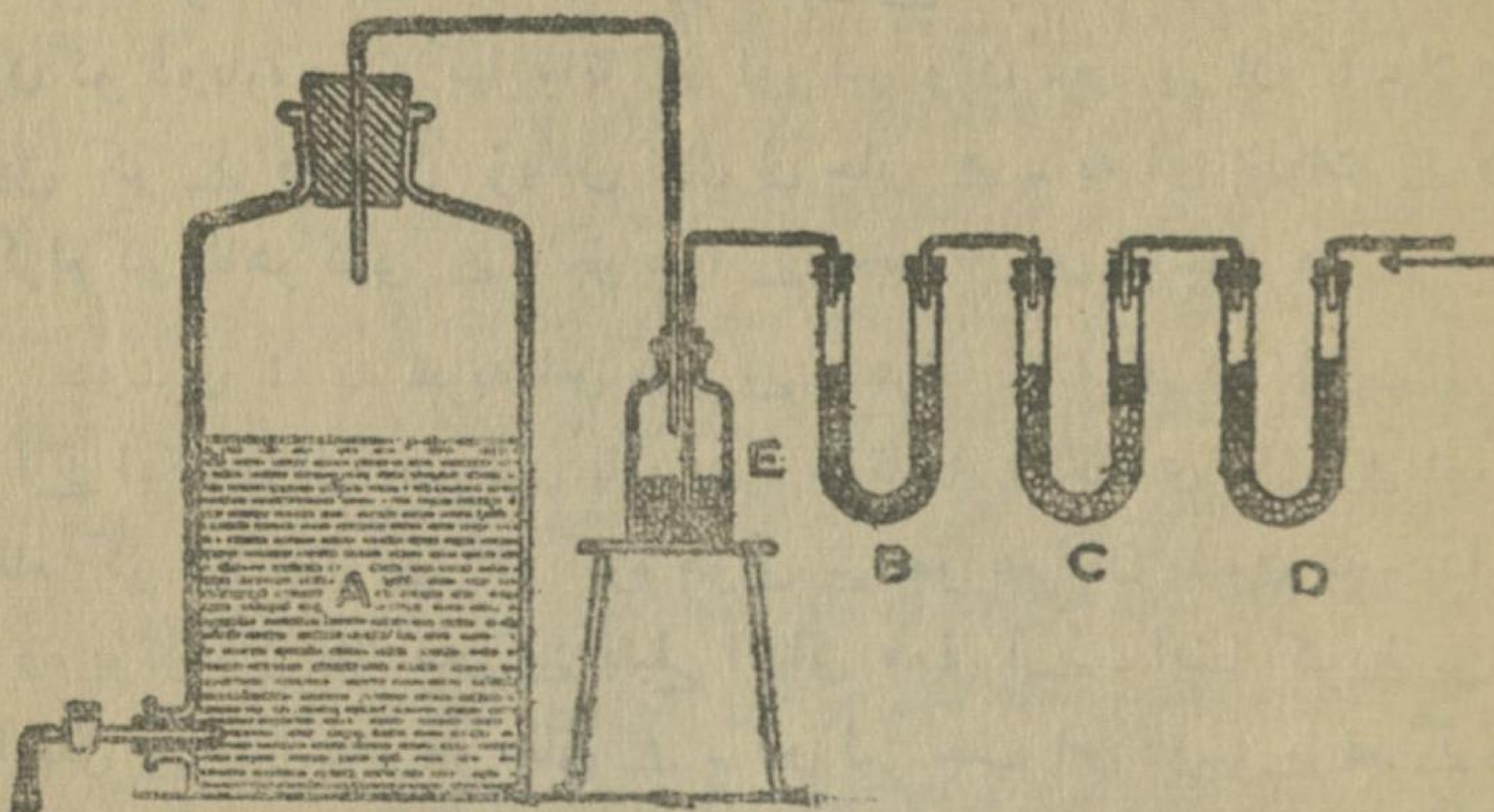
روئے زمین پر سب سے زیادہ مرطوب آب و ہوا بھارت کے صوبہ آسام میں چراپونجی کے مقام کی سمجھی جاتی ہے جہاں سالانہ بارش کی اوسط 450 انچ کی ہے ۔ اس کے برعکس جنوبی امریکہ کے ملک چلی میں ایک مقام اری کا (Arica) ہے ۔ یہاں کی سالانہ بارش اوسط محض 0·02 انچ ہے اور اس جگہ کی آب و ہوا دنیا میں سب سے زیادہ خشک ہے ۔

اضافی مرطوبیت اور آبی بخارات کا دباؤ ۔ اس سے پہلے بیان کیا جا چکا ہے کہ اضافی مرطوبیت سے وہ نسبت مراد ہوتی ہے جو ہوا کے کسی دیے ہوئے حجم کے اندر آبی بخارات کی موجودہ مقدار اور اسی ٹمپریچر پر اسی حجم کے اندر سما جانے والے آبی بخارات کی زیادہ سے زیادہ مقدار کے درمیان پائی جاتی ہے ۔ اب ہوا میں جب آبی بخارات موجود ہوں تو وہ بخارات اپنا دباؤ رکھتے ہیں جس کا انحصار ان بخارات کی مقدار پر ہوتا ہے ۔ اس لحاظ سے ہوا میں آبی بخارات کے موجودہ دباؤ اور ہوا میں آبی بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ میں وہی نسبت پائی جاتی ہے جو ہوا میں آبی بخارات کی موجودہ مقدار اور ہوا میں آبی بخارات کی زیادہ سے زیادہ مقدار میں ہوتی ہے ۔ اس سے ہمیں اضافی مرطوبیت کی ایک اور تعریف حاصل ہوتی ہے ، جو حسب ذیل ہے ۔

اضافی مرطوبیت وہ نسبت ہے جو دیے ہوئے ٹمپریچر پر ہوا میں آبی بخارات کے موجودہ دباؤ اور اسی ٹمپریچر پر ہوا میں آبی بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ کے درمیان پائی جاتی ہے ۔

رطوبت پیما یا ہائیگرومیٹر ۔ وہ آلہ جس کی مدد سے کسی جگہ کی ہوا کی اضافی مرطوبیت معلوم کی جا سکتی ہے **رطوبت پیما یا ہائیگرومیٹر** (Hygrometer) کہلاتا ہے ۔ اس آلے کی کئی قسمیں ہیں جن میں سے **کیمیائی رطوبت پیما یا کیمیکل ہائیگرومیٹر** (Chemical Hygrometer)، **رینو کا رطوبت پیما یا رینوز ہائیگرومیٹر** (Regnault's Hygrometer) کا حال ذیل میں بیان کیا جاتا ہے ۔

کیمیائی رطوبت پیما یا کیمیکل ھائیگرومیٹر۔ اس آلے میں ایک ھوا کش یعنی ایس پی ریٹر (Aspirator) A پانی سے بھرا ھوتا ھے اور اس کے



پیندے کے قریب ایک ٹونٹی لگی ھوتی ھے۔ اسے ایک بوتل E کے ساتھ ملا دیا جاتا ھے جس میں ھلکا سلفیورک ایسڈ پڑا ھوتا ھے۔ یہ بوتل دوسری جانب تین U نلیوں C, B اور D کے ساتھ ملی ھوتی ھے۔ ان U نلیوں میں بے مائع (Anhydrous) کیلسیم کلورائڈ یا فاسفورس پینٹ اوکسائڈ پڑا ھوتا ھے۔ یہ دونوں مرکبات یعنی کیلسیم کلورائڈ اور فاسفورس پینٹ اوکسائڈ ایسے ھیں جن میں آبی بخارات کو جذب کرنے کی خاصیت شدت سے پائی جاتی ھے اور یہی امر نلیوں میں ان کے استعمال کا باعث ھوتا ھے۔

تجربہ کرتے وقت سب سے پہلے ان تین U نلیوں کو ان کے مرکب سمیت وزن کیا جاتا ھے اور پھر انہیں ان کی اصلی جگہ لگا دیا جاتا ھے۔ اب ھوا کش یعنی ایس پی ریٹر (Aspirator) کی ٹونٹی کھول کر اس کے اندر کے پانی کو باھر بہنے دیا جاتا ھے۔ اس پر کرہ ھوائی کی ھوا U نلیوں میں سے ھوتی ھوئی ھوا کش (Aspirator) میں داخل ھوتی ھے۔ جب یہ ھوا U نلیوں میں سے گزرتی ھے تو جتنے آبی بخارات اس میں موجود ھوتے ھیں وہ کیلسیم کلورائڈ (یا فاسفورس پینٹ اوکسائڈ) میں جذب ھو جاتے ھیں اور U نلیوں کا وزن بڑھ

جاتا ھے - جب ھوا کش (Aspirator) کا سارا پانی بہہ چکے تو درجہ دار سلنڈر کی مدد سے اس پانی کا حجم ناپا جاتا ھے - یہ اس ھوا کے حجم V کو ظاھر کرتا ھے جو U نلیوں میں سے ھو کر گزری ھے - اب U نلیوں کو دوبارہ وزن کیا جاتا ھے اور اس وزن میں سے ان کا پہلا وزن تفریق کر کے وزن کی زیادتی نکال لی جاتی ھے - یہ آبی بخارات کے وزن m گرام کو ظاھر کرتی ھے ، جو ھوا کے حجم V میں موجود ھوتے ھیں -

دوسری بار یہ تجربہ اس طور سے دھرایا جاتا ھے کہ U — نلی D کے آگے ایک بوتل جس میں پانی بھرا ھوتا ھے ، لگا دی جاتی ھے اور یہ انتظام کر دیا جاتا ھے کہ کرہ ھوائی سے جو ھوا ان نلیوں میں داخل ھو وہ بوتل کے پانی میں سے بلبلے اٹھاتی ھوئی آئے - ایسا کرنے سے یہ ھوا پانی سے سیر شدہ ھو جاتی ھے - اس لیے جب اس دوسرے تجربے میں U نلیوں کے وزن میں زیادتی پیدا ھوتی ھے تو وہ سیر شدہ آبی بخارات کے وزن M کو ظاھر کرتی ھے جو ھوا کے V حجم میں پائے جا سکتے ھیں - تب

$$\text{اضافی مرطوبیت} = \frac{m}{M}$$

رینو کا رطوبت پیما یا رینوز ھائیگرومیٹر (Regnault's hygrometer) - اس آلے کی ساخت اور عمل کی تشریح کرنے سے پہلے اس اصول کا بیان ضروری ھے جس کے مطابق اس آلے سے ھوا کی اضافی مرطوبیت معلوم کی جاتی ھے -

اضافی مرطوبیت کی اصل تعریف تو یہ ھے کہ یہ وہ نسبت ھے جو ھوا میں موجود آبی بخارات کی مقدار اور ھوا کو سیر کر دینے والے زیادہ سے زیادہ آبی بخارات کی مقدار کے درمیان پائی جاتی ھے - مگر چونکہ دیے ھوئے ٹمپریچر پر

$$\frac{\text{ھوا میں موجود آبی بخارات کی مقدار}}{\text{ھوا کو سیر کر دینے والے زیادہ سے زیادہ آبی بخارات کی مقدار}}$$

$$= \frac{\text{ھوا میں موجود بخارات کا دباؤ}}{\text{ھوا میں آبی بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ}}$$

اس سے ظاہر ہے کہ اضافی مرطوبیت کی تعریف ایک اور طرح سے بھی ہو سکتی ہے یعنی اضافی مرطوبیت وہ نسبت ہے جو دیے ہوئے ٹمپریچر پر ہوا میں آبی بخارات کے موجودہ دباؤ اور اسی ٹمپریچر پر ہوا میں آبی بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ کے درمیان پائی جاتی ہے۔ ان میں سے دیے ہوئے ٹمپریچر پر آبی بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ تو نقشوں پر سے پڑھا جا سکتا ہے لیکن ہوا میں آبی بخارات کا موجودہ دباؤ معلوم کرنے کے لیے نقطہ شبنم معلوم کرنے کی ضرورت ہوتی ہے۔ یہ نقطۂ شبنم وہ ٹمپریچر ہے جس پر کسی مقام کی ہوا جب ٹھنڈی ہو کر پہنچ جاتی ہے تو اس ہوا میں بخارات کی جو مقدار پہلے سے موجود ہوتی ہے وہ اس نئے ٹمپریچر یعنی نقطہ شبنم پر اس کو سیر شدہ بنا دیتی ہے اور اس ٹمپریچر پر شبنم بننی شروع ہو جاتی ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ کسی دیے ہوئے ٹمپریچر پر ہوا میں جتنے بخارات (ناسیر شدہ) موجود ہوتے ہیں وہ نقطۂ شبنم پر سیر شدہ بخارات بن جاتے ہیں اور اس وجہ سے کسی ٹمپریچر پر (ناسیر شدہ) بخارات کا جو دباؤ موجود ہوتا ہے وہ نقطۂ شبنم پر (سیر شدہ) بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ کے برابر ہو جاتا ہے۔ مگر کسی خاص ٹمپریچر پر

$$\text{اضافی مرطوبیت} = \frac{\text{ہوا میں آبی بخارات کا موجودہ دباؤ}}{\text{ہوا میں آبی بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ}}$$

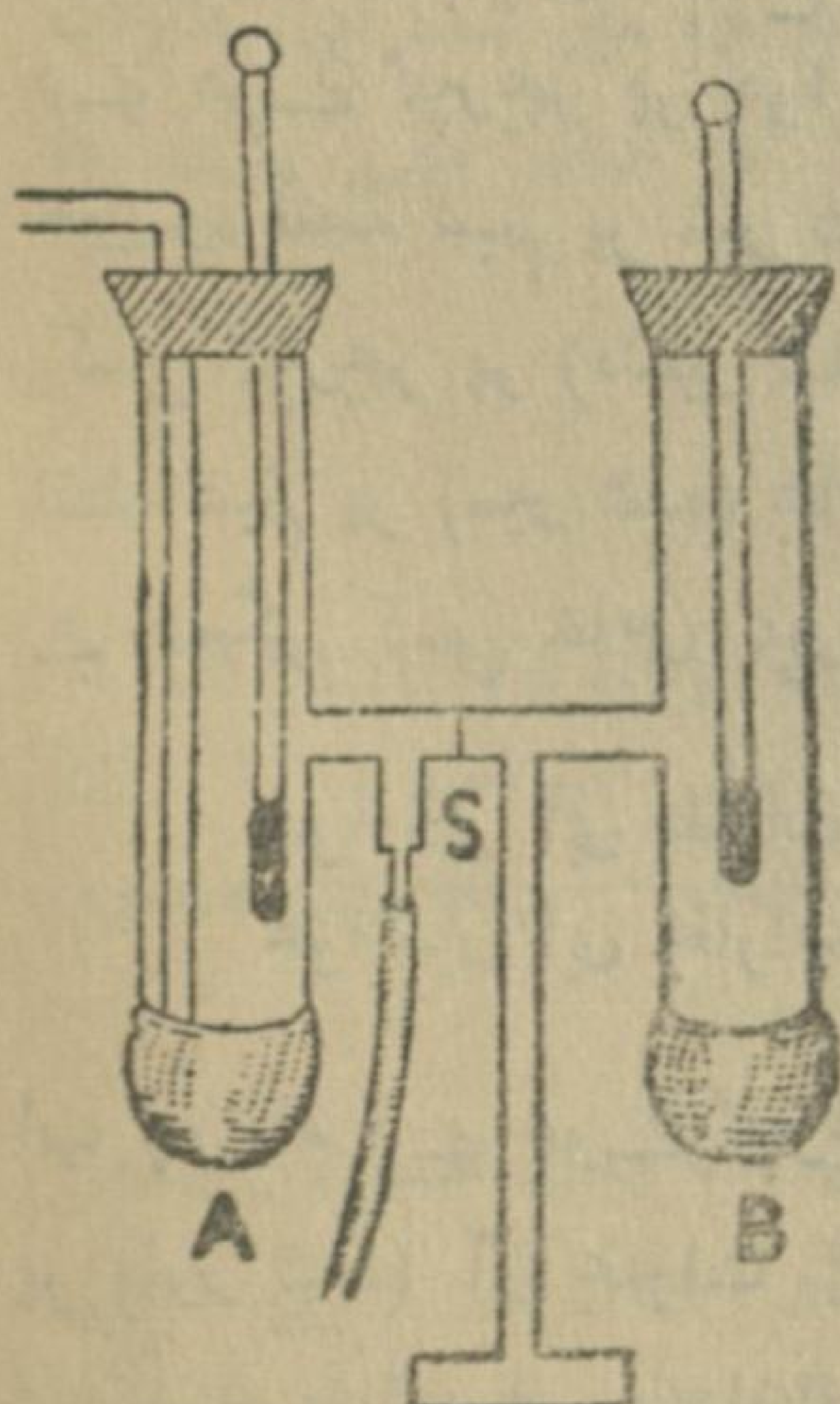
اب چونکہ دیے ہوئے ٹمپریچر پر (ناسیر شدہ) آبی بخارات کا دباؤ نقطہ شبنم پر (سیر شدہ) آبی بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ کے برابر ہوتا ہے اس لیے موجودہ ٹمپریچر پر اضافی مرطوبیت

$$= \frac{\text{نقطہ شبنم پر آبی بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ}}{\text{موجودہ ٹمپریچر پر آبی بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ}}$$

چونکہ ہوا کا موجودہ ٹمپریچر تھرمامیٹر سے بہ آسانی ناپا جا سکتا ہے اس لیے اگر کسی طریقے سے ہوا کا نقطہ شبنم معلوم کر لیا جائے تو دونوں

ٹمپریچروں کے مقابل میں آبی بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ کی قیمتیں نقشوں پر سے پڑھی جا سکتی ہیں اور ان کی نسبت نکال کر اضافی مرطوبیت نکالی جا سکتی ہے - اس لحاظ سے ہمارا اصل مسئلہ فقط اتنا رہ جاتا ہے کہ ہمیں کسی طرح نقطہ شبنم معلوم ہو جائے - رینو کا رطوبت پیما نقطۂ شبنم کو معلوم کرنے میں مدد دیتا ہے جس کے بعد اضافی مرطوبیت کا نکالنا سہل ہو جاتا ہے -

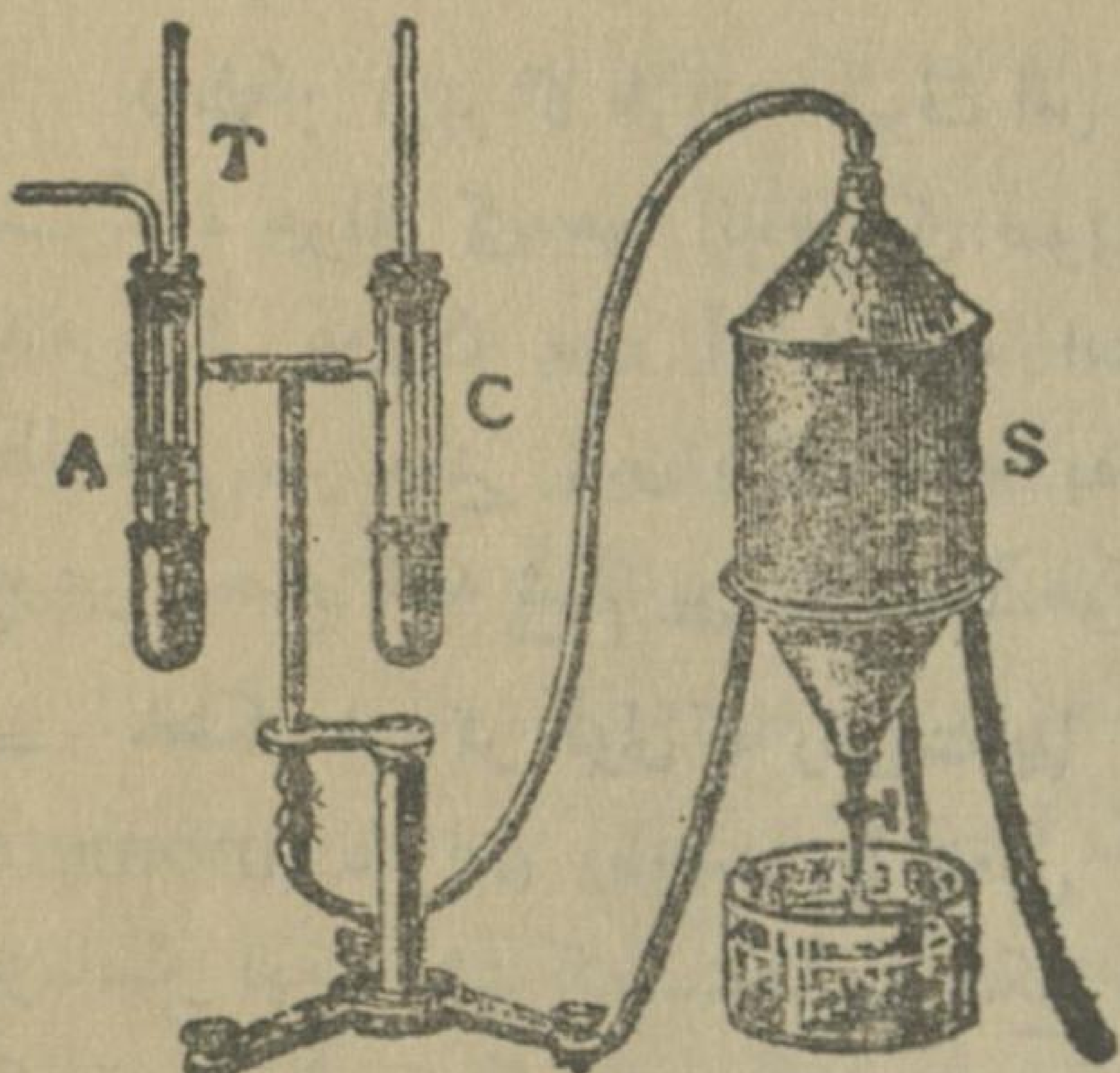
رینو کے اس رطوبت پیما یعنی ھائیگرومیٹر میں ایک خاص قسم کی امتحانی نلی استعمال کی جاتی ہے جس کا اوپر کا حصہ شیشے کا بنا ہوا اور نیچے کا حصہ ایک چمک دار پیالی کی صورت میں چاندی کا بنا ہوا ہوتا ہے - امتحانی نلی کے منہ میں دو سوراخوں والا ربڑ کا ایک کارک لگایا جاتا ہے جس کے ایک سوراخ میں سے ایک خم دار نلی گزاری جاتی ہے - اس نلی کا اندر کا بازو کافی لمبا ہوتا ہے اور امتحانی نلی کے پیندے کے قریب تک پہنچ جاتا ہے - کارک کے دوسرے سوراخ میں ایک تھرمامیٹر گزارا جاتا ہے جو امتحانی نلی کے اندرون کا ٹمپریچر ظاہر کرتا ہے - امتحانی نلی کے درمیان کے حصے میں ایک طرفی نلی S لگی ہوتی ہے جو ربڑ کی ایک لمبی نلی کے ذریعے ایک ہوا کش یعنی ایس پی ریٹر (Aspirator) کے ساتھ ملی ہوتی ہے - ایک بے کار (Dummy) امتحانی نلی



B جو ساخت میں ہو بہو امتحانی نلی A کے مشابہ ہوتی ہے ، اس کے ساتھ ساتھ ایک ہی فریم پر چڑھا دی جاتی ہے - یہ بے کار امتحانی نلی ہوا کش کے ساتھ ملی ہوئی نہیں ہوتی - اس میں کوئی مائع ڈالا نہیں جاتا مگر اس کے منہ میں ایک سوراخ دار کارک لگا کر اس میں سے ایک تھرمامیٹر گزارا جا سکتا ہے - اس بے کار نلی کا مقصد صرف اس قدر

ہے کہ تجربے کے دوران میں اس کی چمک دار سطح کا مقابلہ اصلی امتحانی نلی A کی سطح کے ساتھ کیا جا سکے ۔

اس آلے سے کام لینے کے لیے امتحانی نلی میں ایتھر ڈالا جاتا ہے اور ہوا کش میں سے پانی کا بہاؤ جاری کرکے اس کے ذریعے ہوا کی ایک مسلسل رو ایتھر کے اندر گزاری جاتی ہے ۔ جب یہ ہوا بلبلے اٹھاتی ہوئی ایتھر میں سے گزرتی ہے تو اس میں تبخیر کا عمل تیز ہوتا ہے اور اس عمل سے امتحانی نلی ٹھنڈی ہوتی جاتی ہے ۔ جب اس کا ٹمپریچر گرتا گرتا نقطہ شبنم تک پہنچ جاتا ہے تو ہوا میں سے کچھ آبی بخارات امتحانی نلی کی سطح سے لگ جاتے ہیں ۔ چنانچہ اس بات کا علم نلی کے نیچے کی چاندی کی پیالی کو دیکھ کر ہو سکتا ہے کیونکہ نمی کے لگ جانے سے پیالی کی سطح اپنی آب و تاب کھو بیٹھتی ہے ۔ اس وقت ایک دوربین میں سے کافی فاصلے پر سے امتحانی نلی A کے اندرونی تھرمامیٹر کا ٹمپریچر t_1 معلوم کیا جاتا ہے ۔ پھر ہوا کش کے ذریعے ہوا کا کھینچنا بند کر دیا جاتا ہے اور امتحانی نلی کا ٹمپریچر بڑھنے دیا جاتا ہے ۔ جب چاندی کی پیالی کی سطح پر سے نمی اڑ جاتی ہے اور وہ اپنی کھوئی ہوئی چمک دوبارہ حاصل کر لیتی ہے تو اندرون کا ٹمپریچر t_2 ایک بار پھر ناپا جاتا ہے ۔ تب اگر مطلوبہ نقطۂ شبنم t' ہو تو



$$t' = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

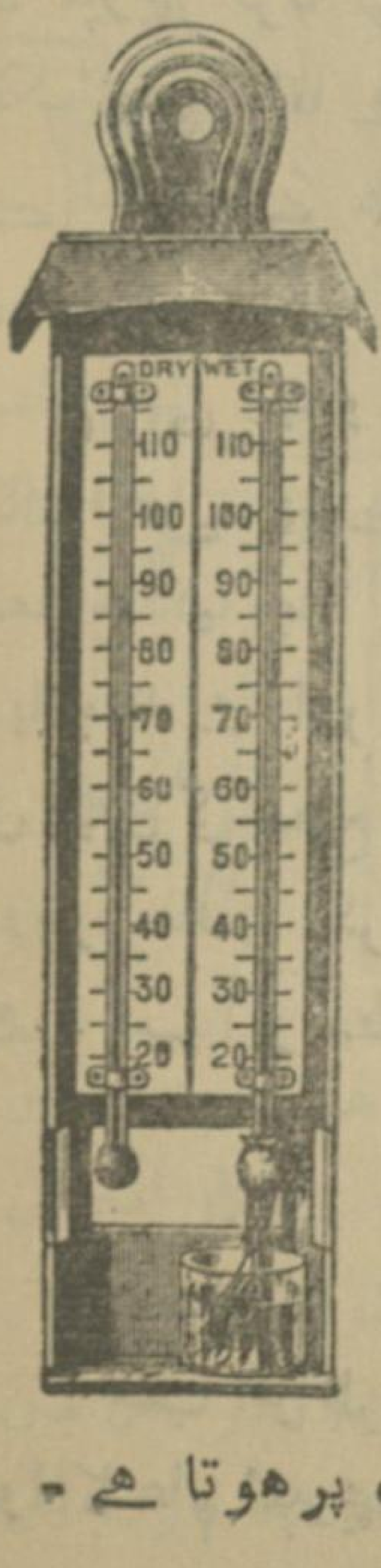
جب اس طریق سے نقطۂ شبنم t' دریافت ہو چکتا ہے تو چونکہ ہوا کا عام ٹمپریچر t پہلے ہی سے ناپا ہوتا ہے اس لیے آبی بخارات کے

دباؤ کے نقشوں سے t اور t' کے مقابل میں زیادہ سے زیادہ دباؤ کی قیمتیں پڑھ لی جاتی ھیں - تب

$$\text{اضافی مرطوبیت} = \frac{t' \text{ پر آبی بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ}}{t \text{ پر آبی بخارات کا زیادہ سے زیادہ دباؤ}}$$

نوٹ : اوپر کا طریقہ صرف اس حالت میں استعمال ھو سکتا ھے جب کرہ ھوائی کی ھوا آندھی کی صورت میں متحرک نہ ھو ، کیونکہ آندھی کے دوران میں آبی بخارات امتحانی نلی کی سطح کے اوپر صحیح نقطۂ شبنم پر جمنے نہیں پاتے بلکہ یہ اس وقت جمتے ھیں جب ھوا کا ٹمپریچر صحیح نقطہ شبنم سے کافی نیچا ھو چکتا ھے -

خشک اور تر گولی کا رطوبت پیما (Dry and wet bulb thermometer) - اس رطوبت پیما یعنی ھائیگرومیٹر میں دو ایک جیسے تھرمامیٹر ایک مشترکہ سٹینڈ سے لٹکے ھوئے ھوتے ھیں - ان میں سے ایک تھرمامیٹر کی گولی یعنی بلب کے گرد کپڑے کا ایک گیلا ٹکڑا لپیٹ دیا جاتا ھے - اس لیے اس کو تر گولی کا تھرمامیٹر (Wet bulb thermometer) کہتے ھیں - اس کے بلب کو تجربے کے دوران میں مستقل طور پر تر رکھنے کے لیے کپڑے کی دھجی کا کھلا سرا پانی کے بیکر میں ڈبو دیا جاتا ھے - دوسرے تھرمامیٹر کا بلب خشک ھوتا ھے اور اس لیے اسے خشک گولی کا تھرمامیٹر (Dry bulb thermometer) کہتے ھیں - اس آلے سے کام لینے کے لیے اس کے دونوں تھرمامیٹروں کو ھوا میں ساتھ ساتھ لٹکا دیا جاتا ھے - تر گولی پر سے جب پانی بخارات بن بن کر اڑتا ھے تو تبخیر کی اس ٹھنڈک سے اس کا ٹمپریچر گرتا جاتا ھے - جب یہ ٹمپریچر زیادہ سے زیادہ گر کر ایک بار تھم جائے تو دونوں تھرمامیٹروں پر سے ٹمپریچر کا فرق معلوم کر لیا جاتا ھے - قدرتی طور پر اس فرق کا انحصار ھوا کی مرطوبیت پر ھوتا ھے -



چنانچہ اگر یہ مرطوبیت کم ہو تو تبخیر کے تیز تر ہونے کے باعث تر گولی کے تھرمامیٹر کا پارہ زیادہ گرتا ہے اور اس لیے دونوں تھرمامیٹروں میں ٹمپریچر کا فرق بھی زیادہ ہو جاتا ہے۔ ہوا کی مرطوبیت کے زیادہ ہونے کی صورت میں اس کے برعکس عمل واقع ہوتا ہے اور جب ہوا رطوبت سے سیر ہو تو یہ فرق صفر ہو جاتا ہے۔

عملی طبیعیات کی کتابوں میں ایسے نقشے موجود ہوتے ہیں جن میں تر گولی کے تھرمامیٹر کے درجوں کے مقابل میں ٹمپریچر کے مختلف فرق کے ماتحت ہوا کے آبی بخارات کے دباؤ کی قیمتیں درج ہوتی ہیں۔ چنانچہ ٹمپریچر کے معلوم کردہ فرق کے ذیل میں نقشے پر یہ قیمت پڑھ لینے سے ہوا کے آبی بخارات کا موجودہ اصلی دباؤ معلوم ہو جاتا ہے۔ اسی نقشے پر صفر فرق کے ذیل کی قیمت پڑھ لینے سے موجودہ ٹمپریچر پر ہوا میں آبی بخارات کے زیادہ سے زیادہ دباؤ کا بھی پتہ لگ جاتا ہے۔ تب ان دونوں کی باھمی نسبت نکال لی جاتی ہے جو مطلوبہ اضافی مرطوبیت کے برابر ہوتی ہے۔

نوٹ۔ تر گولی کے تھرمامیٹر کے ٹمپریچر کا انحصار امر ہوا کی رفتار پر بھی ہوتا ہے جس کے ساتھ یہ ہوا تھرمامیٹر کے بلب کے ساتھ لگتی ہے۔ اس ضمن میں یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ اگر ہوا کی رفتار 3 میٹر فی سیکنڈ سے زیادہ ہو تو پھر تر گولی کے تھرمامیٹر کے ٹمپریچر پر ہوا کی رفتار کے مزید بڑھنے سے کچھ فرق نہیں پڑتا اس لیے جب اس تجربے کو اعلیٰ پیمانے پر سر انجام دینا مقصود ہو تو مصنوعی پنکھے کی مدد سے یہ انتظام کر دیا جاتا ہے کہ ہوا 3 میٹر فی سیکنڈ کی رفتار یا اس سے زیادہ کی رفتار کے ساتھ تر بلب سے لگتی رہے۔ البتہ اس خاص صورت میں آبی بخارات کے لیے جو نقشے استعمال کیے جاتے ہیں وہ عام نقشوں سے کسی قدر مختلف ہوتے ہیں۔

انسان کے جسمانی ٹمپریچر کا برقرار رہنا - جو خوراک ہم کھاتے ہیں اس کا ایک حصہ آکسیجن کے ساتھ جو سانس لیتے وقت ہوا کے ہمراہ اندر جاتی ہے، کیمیائی ملاپ کرتا ہے اور اس ملاپ کے

نتیجے میں حرارت پیدا ہوتی ہے جس سے جسم میں توانائی آتی ہے۔ لیکن اس حرارت کی مقدار اتنی زیادہ ہوتی ہے کہ اگر وہ جسم کے اندر رہے تو جسمانی ٹمپریچر اپنے نارمل درجے یعنی 98·4°C سے جو صحت مند جسم کا ٹمپریچر ہے، بہت زیادہ بڑھ کر نقصان کا موجب ہو سکتا ہے۔ اس لیے یہ ضروری ہو جاتا ہے کہ جو حرارت جسم میں پیدا ہوتی ہے اس کا تمام زائد حصہ جسم سے مسلسل طور پر خارج ہوتا رہے۔ انسانی جسم جب آرام کی حالت میں ہو تو اس میں حرارت نسبتاً کم مقدار میں پیدا ہوتی ہے اور اسی نسبت سے زائد حرارت کا اخراج بھی کم ہوتا ہے۔ لیکن جب وہ سخت محنت کر رہا ہو تو حرارت کی پیدائش اور زائد حرارت کے اخراج کی شرح دونوں کافی زیادہ ہو جاتے ہیں۔ چنانچہ جب کوئی شخص آرام سے لیٹا ہوا ہو تو اس کے جسم سے 80 میجر کلوری فی گھنٹہ کی شرح سے حرارت کا اخراج ہوتا ہے لیکن جب وہ کوئی سخت محنت کا کام کر رہا ہو تو حرارت کے اخراج کی شرح 300 میجر کلوری فی گھنٹہ سے بھی بڑھ جاتی ہے۔ یہاں یہ سوال پیدا ہوتا ہے کہ حرارت کا یہ اخراج کیونکر عمل میں آتا ہے۔ اس کے تین مختلف طریقے ہیں۔ کچھ حرارت جسم کی جلد پر سے اشعاع (Radiation) کے ذریعے خارج ہوتی ہے۔ کچھ حرارت ہوا کی روئیں اٹھا کر لے جاتی ہیں جو جسم کے ساتھ لگتی ہیں اور کچھ حرارت پسینے کی تبخیر سے خارج ہو جاتی ہے۔ البتہ ان تین عملوں میں سے کون سا عمل ایک خاص وقت میں زیادہ مؤثر ہوتا ہے اس کا انحصار جسم کے گرد و پیش کی حالت پر ہے۔ چنانچہ جب ہوا کی مرطوبیت بڑھی ہوئی ہو تو پسینے کی تبخیر کا عمل بہت مدھم ہو جاتا ہے اور اس عمل سے حرارت کا اخراج بڑی حد تک رک جاتا ہے جس سے جسم کو گھٹن سی معلوم ہوتی ہے۔ اس حالت میں جلد پر خون کی جو شعری نالیاں (Blood capillaries) موجود ہوتی ہیں وہ پھیل جاتی ہیں اور جلد کا ٹمپریچر قدرے بڑھ جاتا ہے جس کے باعث ہوا کی ترسیلی روؤں کے عمل، نیز اشعاع کے عمل سے حرارت کے اخراج کی شرح معمول سے بڑھ جاتی ہے اور اس طرح پسینہ کی تبخیر کے رکنے سے حرارت کے اخراج میں جو کمی

واقع ہوتی ہے اس کی تلافی کسی حد تک ہو جاتی ہے۔ جب ہوا تو زیادہ مرطوب نہ ہو مگر اس کا ٹمپریچر بڑھا ہوا ہو تو حرارت کا اخراج تمام تر پسینے کی تبخیر ہی سے ہو سکتا ہے۔ ایسی حالت میں جلد کے قریب پسینے کے غدود اپنا فعل تیز کر دیتے ہیں جس کے باعث پسینہ زیادہ مقدار میں آتا ہے اور اسی نسبت سے اس کی تبخیر زیادہ ہوتی ہے جس سے حرارت کے اخراج کی شرح مناسب حد تک بڑھ جاتی ہے۔

اگر انسان کے گرد و پیش کے حالات حرارت کے اس نارمل اخراج کے لیے بہت ناموافق ہوں مثلاً بیرونی ٹمپریچر اونچا ہو اور ساتھ ہی ہوا کی مرطوبیت بھی بڑھی ہوئی ہو جس کے باعث پسینہ پیدا تو ہوتا ہو مگر وہ سوکھنے نہ پاتا ہو تو انسان کو تکلیف ہوتی ہے اور اگر یہ تکلیف دہ حالات زیادہ دیر تک قائم رہیں تو صحت کو نقصان پہنچ جاتا ہے۔ اس صورت میں ہوا کے ٹمپریچر اور مرطوبیت وغیرہ میں ایسی تبدیلیاں مصنوعی طور پر عمل میں لائی جاتی ہیں جس سے وہ انسانی جسم کے لیے بہت زیادہ موافق اور سازگار ہو جاتی ہے۔ اسے **ہوا سدھار** (Aircondi-tioning) کہتے ہیں۔

ہوا سدھار (Air conditioning)۔ ہوا سدھار وہ عمل ہے جس کے ذریعے ایک کمرے کی ہوا کو اس طور سے سدھارا جاتا ہے کہ اس کمرے میں بیٹھنے والے اشخاص موسم کی ناموافق شدت سے بچ جاتے ہیں اور آرام محسوس کرتے ہیں۔ ہوا سدھار کا یہ عمل ہمیشہ ایک محدود جگہ کی ہوا پر، مثلاً ایک کمرے کے اندر کی ہوا پر، کیا جا سکتا ہے۔ کرہ ہوائی کی کھلی ہوا کا سدھار مصنوعی طریقوں سے نہیں ہو سکتا۔

ہوا کو انسانی رہائش کے لیے ناموافق بنانے والے عوامل جن کو ہوا سدھار کے ذریعے درست کرنا ضروری ہوتا ہے، مندرجہ ذیل ہیں۔

۱ - ہوا بہت زیادہ خشک ہو یا بہت زیادہ مرطوب ہو۔
۲ - ہوا زیادہ گرم یا زیادہ سرد ہو۔
۳ - ہوا بہت زیادہ ساکن ہو یا تیز آندھی کی صورت میں متحرک ہو۔

۴ - ہوا میں مٹی اور دھوئیں کے ذرات کی بہتات ہو ۔
۵ - ہوا میں مضر جراثیم موجود ہوں ۔

اگر ہوا بہت زیادہ خشک ہو یعنی اس کی مرطوبیت بہت کم ہو ، اور موسم گرم ہو تو ہمارے بدن کی جلد تڑکنے لگتی ہے ۔ اگر ہوا بہت زیادہ خشک ہو اور موسم سرد ہو تو جسم کی رطوبت کے جلد جلد تبخیر ہونے سے ٹھنڈک زیادہ لگتی ہے ۔ ناک ، گلے اور پھیپھڑے کی جھلیاں خشک ہو جاتی ہیں اور بعض اوقات ان میں سوزش پیدا ہوجاتی ہے جس سے زکام وغیرہ کی شکایات نمایاں ہو جاتی ہیں ۔

اگر ہوا کی مرطوبیت بڑھی ہوئی ہو تو جسم کے پسینے کی تبخیر ٹھیک طرح سے نہیں ہوتی اور جسم سے زائد حرارت صحیح مقدار میں خارج ہونے نہیں پاتی جس سے جسم کو حبس اور گھٹن کا تکلیف دہ احساس ہوتا ہے ۔ انسان کے لیے آرام دہ مرطوبیت 50°/。 اور 60°/。 کے درمیان ہوتی ہے ۔ چنانچہ اگر ہوا کی مرطوبیت 80°/。 سے بڑھ جائے یا 30°/。 سے کم ہو جائے تو یہ امر انسان کے لیے تکلیف کا باعث ہوتا ہے اور ہوا سدھار کے عمل سے ہوا کی مرطوبیت کو مناسب حد تک لانے کی ضرورت پیش آ جاتی ہے ۔

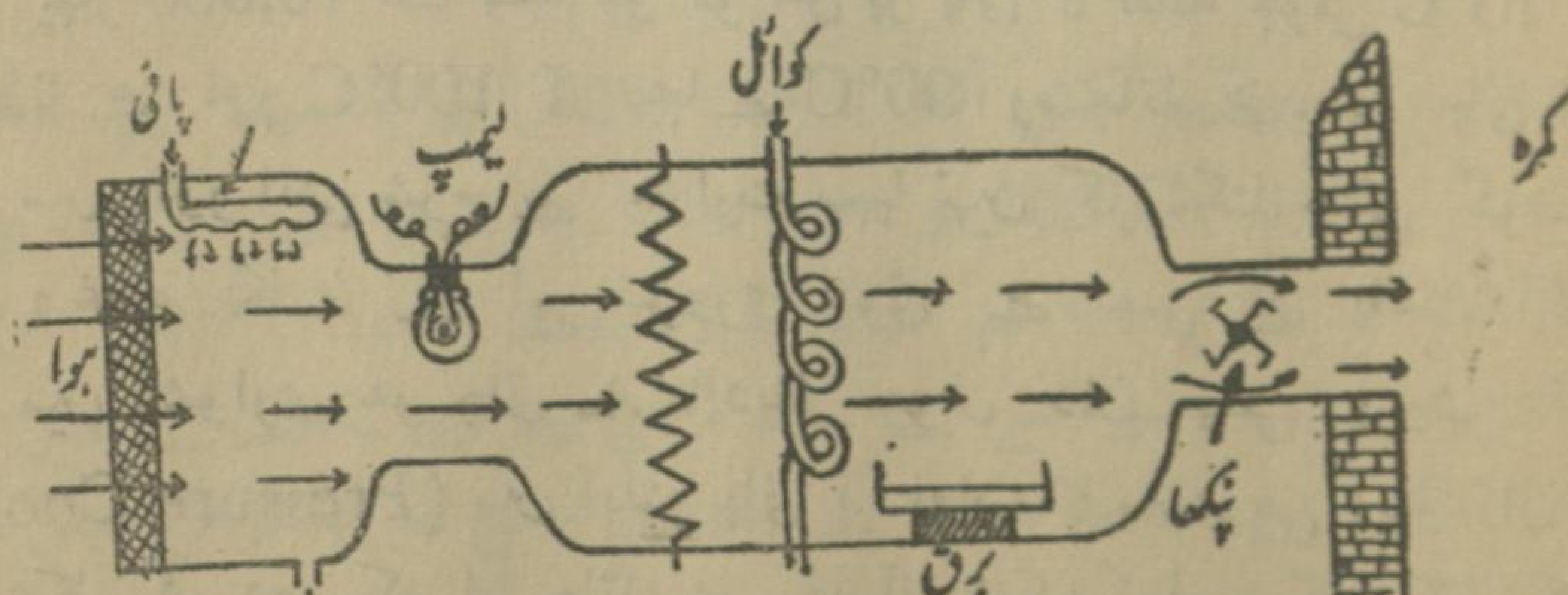
اگر ہوا زیادہ ٹھنڈی ہو، اس کا ٹمپریچر کافی گرا ہوا ہو یا وہ زیادہ گرم ہو اور اس کا ٹمپریچر کافی بڑھا ہوا ہو تو یہ دو باتیں انسان کو تکلیف پہنچاتی ہیں ۔ علاوہ ازیں ان سے اس کی کارکردگی بھی بہت کم ہو جاتی ہے ۔ انسان کے لیے ہوا کا سب سے زیادہ سازگار ٹمپریچر 75°F اور 80°F کے درمیان ہوتا ہے ۔ اس لیے گرمیوں میں جب ہوا کا ٹمپریچر مناسب حد سے کافی زیادہ بڑھا ہوا ہوتا ہے یا سردیوں میں اس حد سے کافی گھٹا ہوا ہوتا ہے تو ہوا سدھار کے عمل سے کمرے کی ہوا کو ٹھنڈا یا گرم کرکے اس کے ٹمپریچر کو درست حدود کے اندر لایا جاتا ہے ۔

ہوا اگر مکمل طور پر ساکن یعنی بند ہو تو انسان کے آرام کے لیے اس کو متحرک کرنا ضروری ہوتا ہے ۔ یہ کام بجلی کے پنکھے

سے بھی ہو سکتا ہے ۔ مگر ہوا سدھار آلے (Air conditioner) میں جہاں دیگر امور کا اہتمام کیا جاتا ہے وہاں ہوا کو مناسب طور پر متحرک رکھنے کا بھی انتظام ہوتا ہے ۔

کمرے کی ہوا کو تازہ رکھنے کے لیے اس میں باہر کی ہوا ملائی جاتی ہے اور اندر سے ہوا خارج کی جاتی ہے ۔ باہر کی اس ہوا کو پہلے گرد و غبار سے صاف کیا جاتا ہے اور اس کی جراثیم کشی کی جاتی ہے ۔ اس کے بعد اسے کمرے کے اندر داخل کیا جاتا ہے ۔ ہوا سدھار آلے کی تفصیل سے جو نیچے درج ہے ، ان تمام امور کی وضاحت ہو سکتی ہے ۔

ہوا سدھار آلہ ۔ کمرے کے لیے جو ہوا سدھار آلہ (Air conditioner) عام طور پر مستعمل ہے ، وہ اپنے خانے یعنی کیبنٹ میں بند ہوتا ہے ۔ اس کے اندر ایک 'گرم کن' لچھا اور ایک 'سرد کن' لچھا علیحدہ علیحدہ طور پر موجود ہوتے ہیں ۔ گرم کن لچھا اپنی حرارت گرم پانی یا بھاپ سے حاصل کرتا ہے اور اس سے موسم سرما میں کام لیا جاتا ہے جب کمرے کی ہوا کا ٹمپریچر اونچا کرنا مقصود ہوتا ہے ۔ سرد کن لچھا اپنی ٹھنڈک ایک ریفریجریٹر مشین (Refrigerator machine) سے حاصل کرتا ہے اور اسے کمرے کی ہوا کو پہنچاتا ہے ۔ اس سے موسم گرما میں کام لیا جاتا ہے جب کمرے کی ہوا کے ٹمپریچر کو نیچا کرنے کی ضرورت پڑتی ہے ۔

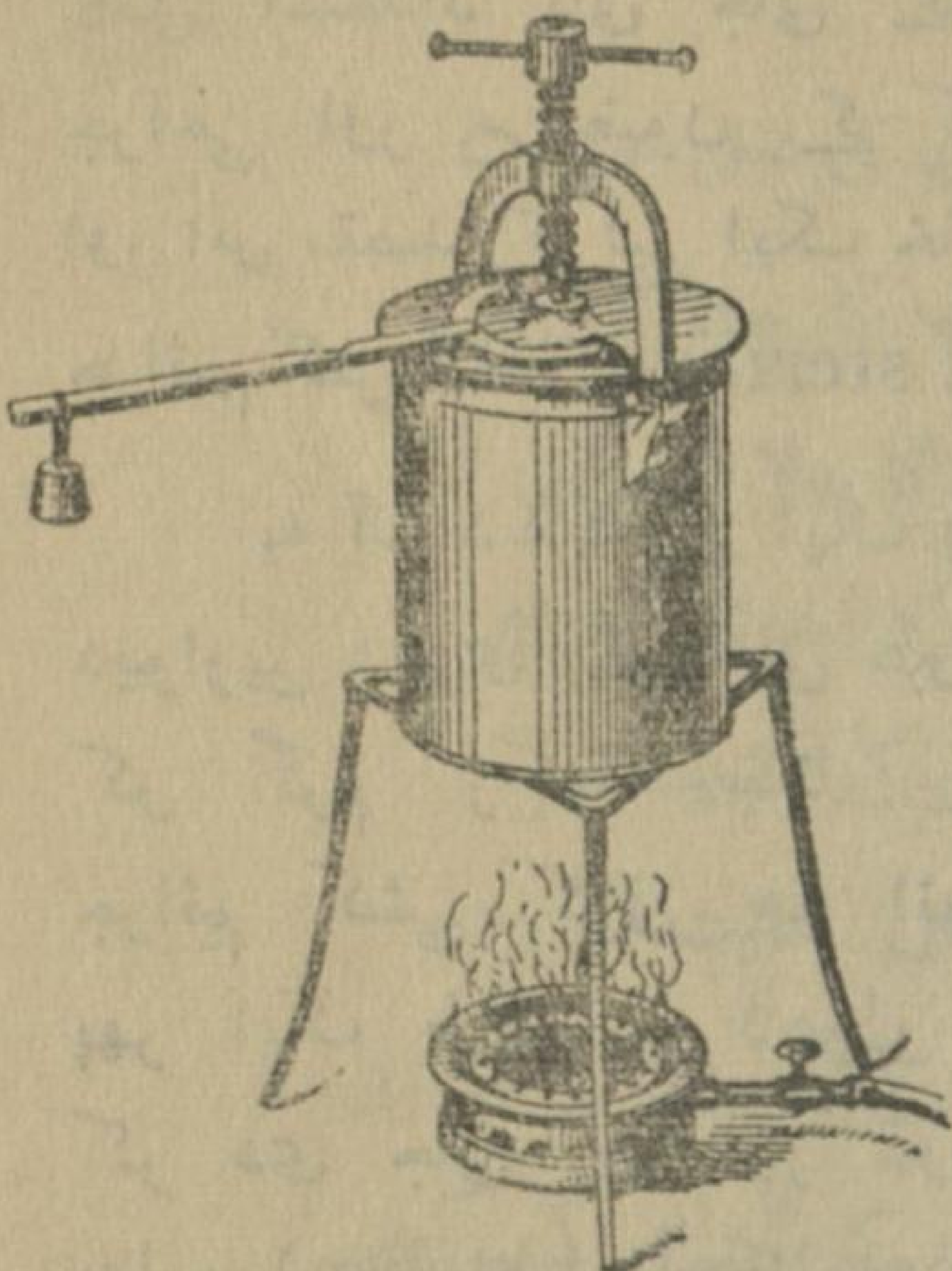


سرد کن آلے میں جو کمرے کی کسی بیرونی دیوار میں نصب ہوتا

ھے ، ایک پنکھا بیرونی ھوا کو اندر کھینچتا ھے - یہ ھوا مختلف قسم کے فلٹروں (Filters) میں سے گزر کر آتی ھے جس کے باعث وہ گرد و غبار اور مٹی و دھوئیں وغیرہ کے ذرات سے صاف ھوتی ھے - اس ھوا پر پارے کی لیمپ یعنی مرکری لیمپ سے روشنی ڈالی جاتی ھے - اس روشنی میں ماوراء بنفشی یعنی الٹرا وائلٹ (Ultra-violet) شعاعوں کی بہتات ھوتی ھے جو ھوا کے جراثیموں کو ھلاک کرکے اس کی جراثیم کشی کر دیتی ھیں - اب موسم کے مطابق گرم کن لچھے یا سرد کن لچھے کو عمل کرنے دیا جاتا ھے جو ھوا کے ٹمپریچر کو مناسب درجے پر لے آتا ھے - نیز اس ھوا میں آبی بخارات کو حسب موقع کم یا زیادہ کرکے اس کی مرطوبیت کو صحیح نسبت پر لایا جاتا ھے - پھر یہ ھوا پنکھے کے عمل سے جو کمرے کی دیوار کے قریب لگا ھوتا ھے ، کافی تیزی کے ساتھ کمرے میں داخل ھوتی رھتی ھے اور یہ سلسلہ مسلسل طور پر جاری رھتا ھے -

دباؤ جوش دان یا پریشر کُکر (Pressure cooker) - یہ وہ آلہ ھے جس میں گوشت ، سبزی ، دال وغیرہ کو بھاری دباؤ کے ماتحت پانی میں ابالا جاتا ھے - اونچے پہاڑوں پر کرہ ھوائی کا دباؤ گھٹا ھوا ھوتا ھے جس کے باعث پانی 100°C کی بجائے اس سے کم ٹمپریچر پر ابلنے لگتا ھے - عام طور پر ھر ایک ھزار فٹ کی بلندی کے لیے پانی کے نقطہ جوش میں بقدر 1°C کے کمی آ جاتی ھے - اس کا مطلب یہ ھے کہ اگر کوئی پہاڑ 10,000 فٹ بلند ھو تو اس پر پانی کا نقطہ جوش 10°C کم ھو جاتا ھے اور 100°C کی بجائے 90°C رہ جاتا ھے - یہ پانی اتنی مقدار میں اور اتنی شرح سے حرارت مہیا نہیں کر سکتا جتنی گوشت ، سبزی وغیرہ پکانے کے لیے ضروری ھوتی ھے جس کے باعث کھانا پکانے میں دشواری ھو جاتی ھے - دباؤ جوش دان یعنی پریشر ککر (Pressure Cooker) میں ابلتے پانی پر بھاپ کا مصنوعی دباؤ ڈال کر اس مشکل کو دور کر لیا جاتا ھے - یہ آلہ ایک گول دیگچے کی شکل کا ھوتا ھے جس کے منہ میں ایک مضبوط ڈھکنا لگا دیا جاتا ھے - جب اس میں پانی ڈال کر اسے جوش دیا جاتا ھے تو جو بھاپ اس طور سے بنتی

ہے وہ اندر ہی رہتی ہے - یہ بھاپ پانی کے اوپر کے دباؤ کو بڑھا دیتی ہے جس سے پانی کا نقطہ جوش 100°C سے بھی کافی زیادہ اونچا ہو جاتا ہے اور وہ زیادہ مقدار میں حرارت دینے لگتا ہے جس کے باعث گوشت سبزی وغیرہ جو اس میں پڑی ہوئی ہوتی ہے ، جلدی پک جاتی ہے - یہ آلہ میدانوں میں بھی یکساں طور پر مفید ہوتا ہے کیونکہ اس کی مدد سے کھانا معمول سے بہت کم عرصے میں پک جاتا ہے - ہر ایسے آلے میں ڈھکنے کے ساتھ ایک کھلمندن یعنی والو (Valve) لگا ہوتا ہے - جب بھاپ کا دباؤ ایک خاص زیادہ سے زیادہ مقدار تک بڑھ جاتا ہے تو یہ والو کھل جاتا ہے اور بھاپ اس میں سے نکلنے لگتی ہے جس کے باعث اندر کا دباؤ اس خاص قیمت سے زیادہ ہونے نہیں پاتا - یہ احتیاط نہایت لازمی ہوتی ہے کیونکہ اگر بھاپ کے دباؤ کو متواتر بڑھنے دیا جائے تو دیگچے کے پھٹ جانے کا اندیشہ ہوتا ہے - والو کے عمل سے اندر کا دباؤ ایک خاص قیمت پر برقرار رہتا ہے اور جوش دان کے استعمال کے دوران میں نہ اس سے نیچے گرتا ہے اور نہ اونچا ہونے پاتا ہے -



بھاپ کا جراثیم کش آلہ - جب پانی کو معمول کے مطابق ابالا جاتا ہے تو 100°C پر جو بھاپ بنتی ہے اسے **سیر شدہ بھاپ** (Saturated steam) یا **نم دار بھاپ** (Moist steam) کہتے ہیں ، کیونکہ یہ بھاپ جس شے کے ساتھ لگتی ہے اسے تکثیف کے عمل سے نم دار بنا دیتی ہے - لیکن اگر پانی کی سطح پر مصنوعی دباؤ ڈال کر اس کے نقطہ جوش کو کافی زیادہ بڑھا دیا جائے تو اس طور سے جو بھاپ بنتی ہے اس کا ٹمپریچر 100°C سے کافی اونچا ہوتا ہے - یہ بھاپ **بالا گرم شدہ بھاپ** (Super-heated steam) کہلاتی ہے - اس میں

ٹمپریچر کے بڑھا ہوا ہونے کے باعث جراثیم کو ہلاک کرنے کی کامل استعداد پائی جاتی ہے - چنانچہ اس بھاپ سے ہسپتالوں میں آلات جراحی اور مریضوں کے کپڑوں وغیرہ کی جراثیم کشی کی جاتی ہے اور اس مقصد کے لیے ایک خاص آلہ استعمال کیا جاتا ہے جو **بھاپ کا جراثیم کش آلہ** (Steam sterilizer) کہلاتا ہے -

یہ آلہ دھات کے ایک بڑے ڈھول پر مشتمل ہوتا ہے جس کی دیواریں دھری بنائی جاتی ہیں اور ان دیواروں کے درمیان بھاپ گزار کر گرم رکھا جاتا ہے - جن کپڑوں یا اوزاروں وغیرہ کی جراثیم کشی کرنی ہو انھیں ڈھول کے اندر رکھ دیا جاتا ہے - پھر ایک طرف سے ڈھول کے اندر کی ہوا ایک پمپ کے ذریعے خارج کر دی جاتی ہے اور دوسری طرف ڈھول کے اندر بالا گرم شدہ بھاپ (Super-heated steam) کو داخل کیا جاتا ہے - یہ بھاپ قریباً آدھ گھنٹے تک وہاں رہتی ہے جس کے بعد اسے پمپ کی مدد سے باہر نکال دیا جاتا ہے - چونکہ اس بھاپ کا ٹمپریچر 100°C سے بہت اونچا یعنی 140°C سے 160°C تک بڑھا ہوتا ہے، اس لیے بھاپ کے اس اونچے ٹمپریچر سے ہر قسم کے جراثیم اور بکٹیریا ہلاک ہو جاتے ہیں اور اس طرح کپڑوں اور اوزاروں وغیرہ کی مکمل جراثیم کشی ہو جاتی ہے- بھاپ کے جراثیم کش آلے میں بھی حفاظتی والو (Safety valves) موجود ہوتے ہیں - چنانچہ اگر ڈھول کے اندر محصور بھاپ کا دباؤ بہت زیادہ بڑھ جائے تو یہ والو کھل جاتے ہیں اور زائد بھاپ باہر نکل جاتی ہے - اس سے ڈھول کے پھٹ جانے کا اندیشہ نہیں ہوتا -

حسابی مثالیں

Example 1. When 10 gms. of steam at 100°C are condensed in 300 gms. of water at 10°C, the resulting temperature is 30°C. Find the latent heat of steam.

جب 10 گرام بھاپ کو جس کا ٹمپریچر 100°C ہے 300 گرام

پانی میں جس کا ابتدائی ٹمپریچر 10°C ہے ، مائع بننے دیا جاتا ہے تو اس کے نتیجے میں 30°C کا ٹمپریچر حاصل ہوتا ہے۔ بھاپ کی مخفی حرارت معلوم کرو۔

$L =$ بھاپ کی مخفی حرارت

$t_1 = 100°C =$ بھاپ کا پہلا ٹمپریچر

$t_2 = 10°C =$ پانی کا پہلا ٹمپریچر

$t_3 = 30°C =$ پانی کا آخری ٹمپریچر

$m_1 = 10$ gms. $=$ بھاپ کی کمیت

$m_2 = 305$ gms. $=$ پانی کی کمیت

$t_3 - t_2 = 30 - 10 =$ پانی کے ٹمپریچر کی زیادتی

$t_1 - t_3 = 100 - 30 =$ بھاپ کے ٹمپریچر کی کمی

$10\,L + 10\,(100 - 30) \doteq$ بھاپ کی خارج کردہ حرات

$305\,(30 - 10) =$ پانی کی حاصل کردہ حرارت

$\because$ پانی کی حاصل کردہ حرارت = بھاپ کی خارج کردہ خرارت

$\therefore \quad 10\,L + 10\,(100 - 30) = 305\,(30 - 10)$

یا $\quad 10\,L + 700 = 6100$

یا $\quad 10\,L = 6100 - 700 = 5400$

$\therefore \quad L = 540$ calories

Example 2. What mass of ether at 0°C must be evaporated in order to freeze 5 gms. of water at 0°C ? The latent heat of ether is 95.

0°C پر کس قدر ایتھر کو تبخیر کیا جائے جس سے 0°C ہی پر 5 گرام پانی منجمد ہو جائے ؟

پانی کی کمیت $= m_1 = 5$ gms.

پانی کی مخفی حرارت $= L_1 = 80$ calories

منجمد ہونے میں پانی کی خارج کردہ حرارت $= m_1 L_1 = 5 \times 80 = 200$

ایتھر کی کمیت $= m_2$

ایتھر کی مخفی حرارت $= L_2 = 95$

تبخیر ہونے میں ایتھر کی حاصل کردہ حرارت $= m_2 L_2 = 95 m_2$

$\because$ خارج کردہ حرارت = حاصل کردہ حرارت

$\therefore$ $95\, m_2 = 400$

یا $m_2 = \frac{400}{95} = 4{\cdot}21$ gms.

Example 3. 100 c.c. of mercury are heated to 110°C and then poured into a cavity in a block of ice. It is found that 63 gms. of water are obtained. Taking the density of mercury as 13·6 specific heat, find its latent heat.

100 مکعب سنٹی میٹر پارے کو 110°C تک گرم کر کے جب برف کی ایک سل کے اندر کے شگاف میں ڈال دیا جاتا ہے تو 63 گرام پگھلایا ہوا پانی حاصل ہوتا ہے ۔ اگر پارے کی کثافت 13.6 گرام فی مکعب سنٹی میٹر ہو تو اس کی حرارت مخصوصہ معلوم کرو ۔

پارے کا حجم $= v = 100$ c.c.

پارے کی کثافت $= d = 13{\cdot}6$

پارے کی کمیت $= m = vd = 100 \times 13{\cdot}6 = 1360$ gms.

پارے کی حرارت مخصوصہ $= S$

پارے کا ابتدائی ٹمپریچر $= t_1 = 110°C$

پارے کا آخری ٹمپریچر $= t_2 = 0°C$

پارے کے ٹمپریچر کی کمی $= t_1 - t_2 = 110$

پارے کی خارج کردہ حرارت $= mS(t_1 - t_2)$

$= 1360 \times S \times 110 = 149600$ S calories

پگھلے ہوئے پانی کی کمیت $= m_1 = 63$ gms.

پانی کی حرارت مخفی $= L = 80$

پانی کی حاصل کردہ حرارت $= m_1 L = 63 \times 80 = 6040$ cal.

$\because$ حاصل کردہ حرارت = خارج کردہ حرارت

$\therefore$ $149600\ S = 5040$

یا $S = \frac{504}{14960} = 0.0337$

Example 4. Steam at 100°C is passed into 100 gms. of ice at −10°C. The mixture weighs 120 gms. when the temperature is 35°C. Find the specific heat of ice. The latent heats of water and steam are 80 and 535 respectively.

100°C پر بھاپ کو 100 گرام برف میں جس کا ٹمپریچر −10°C ہے ، گزارا گیا ہے - آمیزے کا وزن 120 گرام ہے اور ٹمپریچر 35°C ہے - برف کی حرارت مخصوصہ معلوم کرو - پانی کی مخفی حرارت 80 اور بھاپ کی مخفی حرارت 535 ہے -

آمیزے کی کمیت $= m = 120$ gms.

برف کی کمیت $= m_1 = 100$ gms.

بھاپ کی کمیت $= m_2 = m - m_1 = 120 - 100$

$= 20$ gms.

برف کی مخفی حرارت $= L_1 = 80$

بھاپ کی مخفی حرارت $= L_2 = 535$

برف کا پہلا ٹمپریچر $= t_1 = -10°C$

برف کا پگھلاؤ کا درجہ $= t = 0°C$

بھاپ کا ٹمپریچر $= t_2 = 100°C$

آمیزے کا ٹمپریچر $= t_3 = 35°C$

برف کی حرارت مخصوصہ $= S$

برف کی حاصل کردہ حرارت $= m_1 S (t - t_1) + m_1 L_1 + m_1 (t_3 - t)$

$$= 100\,S\,[0-(-10)] + 100 \times 80 + 100\ (35-0)$$

$$= 100\ S \times 10 + 8000 + 3500$$

$$= 1000\,S + 11500$$

بھاپ کی خارج کردہ حرارت $= m_2 L + m_2 (t_2 - t_3)$

$$= 20 \times 535 + 20\ (100 - 35)$$

$$= 10700 + 20 \times 65 = 10700 + 1300$$

$$= 12000$$

$\because$ خارج کردہ حرارت = حاصل کردہ حرارت

$$1000\,S + 11500 = 12000$$

یا $1000\,S = 12000 - 11500 = 500$

یا $S = \frac{500}{1000} = 0{\cdot}5$

Example 5. The saturated vapour presure of alcohol at 60°C is 350 mm. and at 20°C it is 44 mm. The bulb of a constant-volume-air thermometer contains air and sufficient alcohol for saturation. If the pressure in the bulb is 764 mm. at 20°C, what will it be at 60°C.

الکوحل کا سیر شدہ بخاراتی دباؤ 60°C پر 350 ملی میٹر ہے اور 20°C پر یہ دباؤ 44 ملی میٹر ہے۔ مستقل حجم کے ایک

ھوائی تھرمامیٹر کے بلب کے اندر ھوا اور اتنی الکوحل ھے جو اس کو سیر شدہ کرنے کے لیے کافی ھے ۔ اگر بلب کے اندر دباؤ 20°C پر 764 ملی میٹر ھو تو یہ دباؤ 60°C پر کیا ھوگا ۔

20°C پر کل دباؤ $= P_1 = 764$ mm.

20°C پر بخارات کا دباؤ $= p_1 = 44$ mm.

20°C پر ھوا کا دباؤ $= P_1 - p_1 = 764 - 44 = 720$ mm.

20°C پر مطلق ٹمپریچر $= T_1 = 273 + 20 = 293$

60°C پر کل دباؤ $= P_2 = ?$

60°C پر بخارات کا دباؤ $= p_2 = 350$ mm.

60°C پر ھوا کا دباؤ $= P_2 - p_2 = P_2 - 350$

60°C پر مطلق ٹمپریچر $= T_2 = 273 + 60 = 333$

چونکہ ھوا کا حجم مستقل ھے ، اس لیے ھوا کے لیے

$$\frac{\text{ھوا کا دباؤ}}{\text{مطلق ٹمپریچر}} = \text{مستقل}$$

$$\therefore \quad \frac{P_1 - p_1}{T_1} = \frac{P_2 - p_2}{T_2}$$

یا

$$\frac{720}{293} = \frac{P_2 - 350}{333}$$

یا

$$P_2 - 350 = \frac{333}{293} \times 720 = 818$$

$$\therefore \quad P_2 = 818 + 350 = 1168 \text{ mm.}$$

Example 6. 100 c.c. of oxygen saturated with water vapour are collected at a pressure of 750 mm. and at 27°C. Calculate the volume of dry oxygen at N.T.P. Vapour pressure of water at 27°C is 26·5 mm.

100 مکعب سنٹی میٹر آکسیجن کو جو آبی بخارات سے سیر شدہ ہے ، 750 ملی میٹر کے دباؤ کے تحت 27°C ٹمپریچر پر جمع کیا گیا ہے تو نارمل دباؤ اور ٹمپریچر پر خشک آکسیجن کا حجم معلوم کرو ۔ 27°C پر آبی بخارات کا دباؤ 26·5 ملی میٹر ہے ۔

آکسیجن اور آبی بخارات کا کل دباؤ $= P = 750$ mm.

آبی بخارات کا دباؤ $= p = 26{\cdot}5$ mm.

خشک آکسیجن کا دباؤ $= P_1 = 750 - 26{\cdot}5 = 723{\cdot}5$ mm.

اس آکسیجن کا ٹمپریچر $= T_1 = 27 + 273 = 300°A$

اس آکسیجن کا حجم $= V_1 = 100$ c.c.

آکسیجن کا نارمل دباؤ $= P_2 = 760$ mm.

آکسیجن کا نارمل ٹمپریچر $= T_2 = 273$

اس حالت میں آکسیجن کا حجم $= V_2 = ?$

$$\because \quad \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\therefore \quad \frac{723{\cdot}5 \times 100}{300} = \frac{760 \times V_2}{273}$$

یا

$$V_2 = \frac{723{\cdot}5 \times 106 \times 273}{300 \times 760} = 86{\cdot}6 \text{ c.c.}$$

Example. 7. The dew point on a certain day was found to be 5°C, the temperature of the air being 14°C. Calculate the relative humidity and the actual vapour pressure on that day. Maximum vapour pressure at 14°C is 11.9 mm.; at 4°C it is 6.1 mm. and at 6°C it is 7 mm.

ایک خاص دن کو نقطۂ شبنم 5°C معلوم کیا گیا جب کہ

ھوا کا ٹمپریچر 14°C تھا ۔ تو اس دن ھوا کا اصلی بخاراتی دباؤ اور اضافی مرطوبیت معلوم کرو جب کہ 14·C پر زیادہ سے زیادہ بخارائی دباؤ کی قیمت 11.9 ملی میٹر ، 4°C پر 6·1 ملی میٹر اور 6°C پر 7 ملی میٹر ھو ۔

5°C پر زیادہ سے زیادہ بخاراتی دباؤ $= p_1 = 7$ mm.

4°C پر زیادہ سے زیادہ بخاراتی دباؤ $= p_2 = 6{\cdot}1$ mm.

6°C پر زیادہ سے زیادہ بخاراتی دباؤ $= p = \frac{p_1 + p_2}{2}$

$$= \frac{7 + 6{\cdot}1}{2} = 6{\cdot}55 \text{ mm.}$$

14°C پر زیادہ سے زیادہ بخاراتی دباؤ $= P = 11{\cdot}9$ mm.

چونکہ دیے ھوئے ٹمپریچر پر ھوا کا اصلی بخاراتی دباؤ نقطۂ شبنم کے زیادہ سے زیادہ بخاراتی دباؤ کے برابر ھوتا ھے ، اس لیے

14°C پر اصلی بخاراتی دباؤ $= p = 6{\cdot}55$

اضافی مرطوبیت $= \frac{p}{P} = 100$

$$= \frac{6{\cdot}55}{11{\cdot}9} \times 100 = 55\%$$

Example 8. A cubic meter of air at 17°C was passed through calcium chloride, the weight of which was found to increase by 8·5 gms. Find the relative humidity of the air. Aqueous vapour pressure at 17°C is 14·52 mm. The mass of one litre of dry air at N.T.P. is 1·293 gms, whereas the mass of one litre of aqueous vapour at the same temperature and pressure is only $\frac{5}{8}$ of the of the dry air.

17°C پر ایک مکعب میٹر ھوا کو کیلسیم کلورائڈ پر سے گزارا گیا تو اس کا وزن بقدر 8·5 گرام بڑھ گیا ۔ ھوا کی اضافی

مرطوبیت معلوم کرو۔ 17°C پر آبی بخارات کا دباؤ 14·50 ملی میٹر ھے ۔ نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ایک لیٹر (یعنی 1000 مکعب سنٹی میٹر) خشک ھوا کی کمیت 1·293 گرام ھے اور اسی ٹمپریچر اور دباؤ پر ایک لیٹر آبی بخارات کی کمیت اس کا $\frac{5}{8}$ ھوتی ھے ۔

17°C پر آبی بخارات کا حجم $=V_1=1$ mm.

$=10^6$ c.c. $=1000$ litres.

17°C پر آبی بخارات کا دباؤ $=P_1=14\cdot52$ mm.

17°C پر مطلق ٹمپریچر $=T_1=273+17=290°A$

آبی بخارات کا نارمل دباؤ $=P=760$ mm.

آبی بخارات کا نارمل ٹمپریچر $=T=273°A$

نارمل حالت میں آبی بخارات کا حجم $=V=?$

$$\because \quad \frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$$

$$\therefore \quad \frac{760V}{270}=\frac{14\cdot52\times1000}{290}$$

یا $V=\dfrac{14\cdot52\times1000\times273}{760\times290}=17\cdot99$ litres.

آبی بخارات کی کمیت مکعب سنٹی میٹر $V=M=17\cdot99\times\frac{5}{8}\times1\cdot293$

$=14\cdot533$ gms.

آبی بخارات کی اصل مقدار کی کمیت $=m=8\cdot5$

اضافی مرطوبیت $=\dfrac{m}{M}\times100=\dfrac{8\cdot5}{14\cdot533}\times100$

$=85\cdot5\%$

سوالات

Q. 1. Define melting point. Describe the graphic method of determining the melting point of a substance.

نقطۂ اماعت یا پگھلاؤ کے درجے کی تعریف کرو اور کسی شے کا پگھلاؤ کا درجہ معلوم کرنے کے لیے گراف کا طریقہ بیان کرو ۔

Q. 2. Explain the term super-cooling and describe Beckmann's method of finding out the freezing point of a solution.

'بالا سرد شدگی' کی اصطلاح کی تشریح کرو اور کسی محلول کے نقطۂ انجماد کو معلوم کرنے کا بیک مان کا طریقہ بیان کرو ۔

Q. 3. Give an account of super-cooling and show how it can be applied to determine the freezing point of a solution.

بالا سرد شدگی کا حال بیان کرو اور بتاؤ کہ کسی محلول کا نقطۂ انجماد معلوم کرنے میں اس کا اطلاق کس طرح کیا جاتا ہے ۔

Q. 4. What do you understand by the latent heat of fusion of a substance ? Describe the graphic method of determining the latent heat of a given substance.

کسی شے کے پگھلاؤ کی مخفی حرارت سے آپ کی کیا مراد ہوتی ہے ؟ ایک دی ہوئی شے کی مخفی حرارت معلوم کرنے کے لیے گراف کا طریقہ بیان کیجیے ۔

Q. 5. Define latent heat of ice. Explain how it can be used for estimating the quantities of heat.

برف کی مخفی حرارت کی تعریف کرو اور تشریح کرو کہ اسے حرارت کی مقدار کا اندازہ کرنے میں کیونکر استعمال کیا جا سکتا ہے ۔

Q. 6. Describe a method by which you would determine the latent heat of a metal which melts at about 200°C.

کوئی ایسا طریقہ بیان کرو جس سے ایک ایسی دھات کی مخفی حرارت معلوم کی جا سکے جس کا پگھلاؤ کا درجہ قریباً 200°C ہو ۔

Q. 7. What is meant by atomic latent heat. Explain Trouton's rule about the atomic latent heat of an element and its melting point.

ایٹمی مخفی حرارت سے کیا مراد ہے ؟ کسی عنصر کی ایٹمی مخفی حرارت اور اس کے پگھلاؤ کے درجے کے متعلق ٹراوٹن کے قاعدے کی تشریح کرو -

Q. 8. Define latent heat of voporisation of a liquid and describe how it can be determined accurately.

مائع کی تبخیر کی مخفی حرارت کی تعربف کرو اور بیان کرو کہ اسے صحیح صحیح کس طرح معلوم کیا جا سکتا ہے -

Q. 9. What do you know about the boiling point of a solution? Explain what is meant by the molecular elevation of the boiling point.

آپ محلول کے نقطہ جوش کے متعلق کیا جانتے ہیں ؟ تشریح کیجئے کہ نقطہ جوش کے مالیکیولی چڑھاؤ سے آپ کی کیا مراد ہے -

Q. 10. How would you determine the latent heat of vaporisation of a liquid using Berthelot's method?

آپ ایک مائع کی تبخیر کی مخفی حرارت برتھیلو کے طریقے سے کیونکر معلوم کریں گے ؟

Q. 11. Describe how the boiling point of a liquid can be determined by Beckmann's apparatus.

بیان کیجیے کہ بیک مان کے آلے کی مدد سے کسی مائع کا نقطۂ جوش کس طرح معلوم کیا جاتا ہے -

Q. 12. Define latent heat of vaporisation. Why is the latent heat of vaporisation of a substance greater than its latent heat of fusion?

تبخیر کی مخفی حراوت کی تعریف کرو - کسی شے کی تبخیر کی مخفی حرات اس شے کی پگھلاؤ کی مخفی حرارت سے کیوں زیادہ ہوتی ہے ؟

Q. 13. Describe how the latent heat of vaporisation of a substance can be determined with Berthelot's apparatus.

بیان کیجیے کہ کسی شے کی تبخیر کی مخفی حرارت برتھیلو کے آلے کی مدد سے کیونکر دریافت کی جاتی ہے ۔

Q. 14. Describe the continuous flow method for determining the latent heat of vaporisation of a substance.

کسی شے کی تبخیر کی مخفی حرارت معلوم کرنے کا مسلسل بہاؤ کا طریقہ بیان کرو ۔

Q. 15. Explain the effect of pressure on the boiling point of a liquid.

ایک مائع کے نقطہ جوش پر دباؤ کے اثر کی تشریح کرو ۔

Q. 16. What are principal differences between saturated and unsaturated vapours? How would you determine the pressure of saturated water vapour at a given temperature?

سیر شدہ بخارات اور نا سیر شدہ بخارات میں بڑے بڑے فرق کیا ہیں ؟ آپ سیر شدہ آبی بخارات کا دباؤ ایک دیے ہوئے ٹمپریچر پر کس طرح معلوم کریں گے ؟

Q. 17. What is meant by saturated vapour? Describe how you would measure the vapour pressure of a substance by Regnault's dynamical method.

سیر شدہ بخارات سے کیا مراد ہے ؟ آپ کسی شے کا بخاراتی دباؤ رینو کے حرکتی طریقے سے کس طرح معلوم کریں گے ۔

Q. 18. Explain clearly the terms (i) Total heat (ii) External latent heat (iii) Internal latent heat (iv) Molecular latent heat.

Illustrate your answer with examples

مندرجہ ذیل اصطلاحات کی تشریح کیجیے اور اپنے جواب کی وضاحت کے لیے مثالیں دیجیے ۔ (*i*) کل حرارت ، (*ii*) بیرونی مخفی حرارت ، (*iii*) اندرونی مخفی حرارت اور (*iv*) مالیکیولی مخفی حرارت ۔

Q. 19. Define vapour density. Describe a method of determining the vapour density of a liquid and explain the theory of the method.

بخارات کی کثافت کی تعریف کرو اور ایک مائع کی بخاراتی

کثافت معلوم کرنے کا طریقہ بیان کرو اور اس طریقے کی نظری تشریح کرو -

Q. 20. Define triple point. What are ice line, stream line and hoar frost line ? Show that they meet at a point. Draw a diagram showing the general shape of the isothermals above and below triple point.

تہرے نقطے کی تعریف کرو - برف کا خط ، بھاپ کا خط اور پالے کا خط کیا ہوتا ہے ؟ ثابت کرو کہ یہ تینوں خط ایک نقطے پر ملتے ہیں - ایک شکل کھینچ کر تہرے نقطے کے اوپر اور نیچے کے ہم تپش خطوط کو ظاہر کرو -

Q. 21. What is meant by relative humidity and dew point ? Describc Regnaults' hygromater and show how it can be used for the measurement of relative humidity.

اضافی مرطوبیت اور نقطۂ شبنم سے کیا مراد ہے؟ رینو کے رطوبت پیما کی تشریح کرو اور بتاؤ کہ اسے اضافی مرطوبیت کی پیمائش کرنے کے لیے کیونکر استعمال کیا جاتا ہے -

Q. 22. How is the human body able to adjust its temperature to a more or less fixed value against all changes of atmospheric temperature ?

کرہ ہوائی کے ٹمپریچر میں ہر قسم کی تبدیلی پیدا ہونے کے باوجود انسانی جسم اپنے ٹمپریچر کو قریباً ایک ہی قیمت پر کس طرح برقرار رکھتا ہے ؟

پانچواں باب

هم تپش اور حرارت نا گزار تبدیلیاں

(ISOTHERMAL AND ADIABATIC CHANGES)

حالت کی مساوات - جب کوئی گیس یا سیال شے سکون کی (Static) حالت میں ہو تو اس کے نظام کو دباؤ ، حجم اور ٹمپریچر سے مکمل طور پر ظاہر کیا جا سکتا ہے - دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ ایسے نظام کے لیے دباؤ ، حجم اور ٹمپریچر کے درمیان ایک واضح تعلق ہوتا ہے جس کو **حالت کی مساوات** (Equation of State) کہا جاتا ہے - ان تینوں مقداروں میں سے ہر مقدار کو باقی کی دو مقداروں کا Function قرار دیا جا سکتا ہے - ہم ان میں سے صرف دو مقداروں کے بدلنے میں آزاد ہوتے ہیں ، تیسری مقدار خود بخود اخذ ہوتی ہے - مثلاً اگر ہم حجم V اور ٹمپریچر T کو اپنی طرف سے خاص خاص قیمتیں منتخب کرکے دے دیں تو دباؤ P کی قیمت قدرت کی طرف سے مہیا ہوتی ہے جس کا تبدیل کرنا ہمارے لیے ممکن نہیں ہوتا -

گیسی مساوات - جیسا کہ پہلے بیان ہو چکا ہے ، اگر کسی گیس کے ایک گرام کے حجم کو V سے ، دباؤ کو P سے اور ٹمپریچر کو (مطلق پیمانے پر) T سے ظاہر کیا جائے تو ان تینوں کا باہمی تعلق ذیل کی مساوات سے ظاہر ہوتا ہے جسے **گیسی مساوات** (Gas equation) کہتے ہیں -

$$PV = rT$$

اس مساوات میں r ایک مستقل ہے جو گیس کی ایک گرام کمیت کے

ساتھ منسوب ہے ۔ اس کی قیمت ایک خاص گیس کے لیے ایک ہی رہتی ہے ۔ البتہ مختلف گیسوں کے لیے وہ مختلف ہو جاتی ہے ۔

ایک گیس کے لیے C_p ، C_v اور r میں تعلق ۔ مستقل دباؤ پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ کو C_p سے اور مستقل حجم پر اس کی حرارت مخصوصہ کو C_v سے ظاہر کیا جاتا ہے جیسا کہ تیسرے باب میں تشریح کی جا چکی ہے ۔ C_p کی قیمت C_v سے زیادہ ہوتی ہے اور ان دونوں کے فرق کو اگر حرارت کی اکائیوں کی بجائے توانائی یا کام کی اکائیوں میں ظاہر کیا جائے تو وہ اس بیرونی کام کے برابر ہوتا ہے جسے گیس پھیلنے میں سر انجام دیتی ہے ۔ اب اگر گیس کا ٹمپریچر خفیف سا بڑھے اور ٹمپریچر کی یہ زیادتی dT ہو تو دباؤ کے مستقل رہنے پر مطلوبہ حرارت

$$=1 \times C_p \times dT$$

اور حجم کے مستقل رہنے پر مطلوبہ حرارت

$$=1 \times C_v \times dT$$

ان دونوں صورتوں میں سے پہلی صورت میں گیس کی جذب شدہ حرارت نہ صرف ٹمپریچر کے بڑھانے کے لیے مطلوب ہوتی ہے بلکہ اس حرارت کا ایک حصہ اس بیرونی کام کے کرنے میں صرف ہو جاتا ہے جو گیس کے حجم میں زیادتی پیدا کرنے کے لیے درکار ہوتا ہے ۔ اگر حجم کی یہ زیادتی dv ہو اور گیس کا دباؤ p ہو جو اس صورت میں مستقل رہتا ہے ، تو یہ کام

$$=pdv$$

pdv کام کو اگر توانائی کی اکائیوں کی بجائے حرارت کی اکائیوں (یعنی کلوری) میں ظاہر کیا جائے تو یہ $\frac{pdv}{J}$ کے برابر ہو جاتا ہے جب کہ J حرارت کا کارمساوی (Mechanical equivalent of heat) ہو ۔

چونکہ مستقل دباؤ پر جذب شدہ حرارت

= مستقل حجم پر جذب شدہ حرارت + بیرونی کام

$$\therefore\ 1 \times C_p \times dT = 1 \times C_v \times dt + \frac{pdv}{J} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

چونکہ گیس کی مساوات کے مطابق

$$pv = rT$$

اس لیے p کو مستقل رکھ کر v اور T پر تفرق عمل (Differentiate) کرنے سے

$$pdv = rdT$$

pdv کی اس قیمت کو (i) میں شامل کرنے سے

$$1 \times C_p \times dT = 1 \times C_v \times dT + \frac{rdT}{J}$$

یا

$$C_p = C_v + \frac{r}{J}$$

$$\therefore \quad C_p - C_v = \frac{r}{J}$$

نوٹ اگر C_p اور C_v کو حرارت کی اکائیوں کی بجائے توانائی کی اکائیوں میں ظاہر کیا جائے تو پھر چونکہ pdv پہلے ہی ارگ میں ہوتا ہے اس لیے اس پر J کو تقسیم کرنے کی ضرورت نہیں پڑتی جس کے باعث اوپر کے عمل میں J حذف ہو جاتا ہے اور مندرجہ بالا مساوات یہ صورت اختیار کر لیتی ہے :

$$C_v - C_v = r$$

حاصل کلام ۔ مذکورہ بالا تشریح سے ظاہر ہے کہ اگر C_p اور C_v کو کلوریوں میں ظاہر کیا جائے تو

$$C_p - C_v = \frac{r}{J}$$

لیکن اگر C_p اور C_v کو ارگ میں ظاہر کیا جائے تو

$$C_p - C_v = r$$

بشرطیکہ گیس کی کمیت کو 1 گرام لیا جائے ، کیونکہ

$$PV = rT$$

کی بنیادی مساوات اسی صورت میں صادق آتی ہے۔

گیس کی کمیت کا ایک گرام مالیکیول لیا جانا ۔ اگر گیس کی کمیت 1 گرام کی بجائے 1 گرام مالیکیول لی جائے تو گیس کی مساوات

$$PV = RT$$

ہو جاتی ہے جب کہ R ایک کائناتی مستقل ہوتا ہے جس کی قیمت تمام گیسوں کے لیے ایک ہی ہوتی ہے ۔ اس وجہ سے اگر C_p سے کسی گیس کی حرارت مخصوصہ (مستقل دباؤ پر) فی گرام مالیکیول اور C_v سے اس گیس کی حرارت مخصوصہ (مستقل حجم پر) فی گرام مالیکول مراد لی جائے تو پھر C_p اور C_v کا فرق r کی بجائے R ہو جاتا ہے اور اس کی مساوات

$$C_p - C_v = R$$

بن جاتی ہے ۔

ہم تپش تبدیلیاں (Isothermal changes) ۔ جب کسی محصور (Enclosed) گیس پر دباؤ بڑھا دیا جائے تو اس کا حجم کم ہو جاتا ہے ۔ لیکن اگر اس گیس کو پھیلنے دیا جائے جس سے اس کا حجم بڑھ جائے تو اس کے دباؤ میں کمی آ جاتی ہے ۔ حجم اور دباؤ کی یہ تبدیلیاں دو واضح حالتوں کے ماتحت عمل میں آ سکتی ہیں جس میں سے ایک حالت وہ ہوتی ہے جس میں گیس کے حجم اور دباؤ میں تو تبدیلیاں واقع ہوتی ہیں مگر ان تبدیلیوں کے دوران میں گیس کا ٹمپریچر بدلنے نہیں پاتا ۔ ان تبدیلیوں کو **ہم تپش تبدیلیاں** (Isothermal changes) کہتے ہیں ۔

ان ہم تپش تبدیلیوں کی مزید تفصیل یہ ہے کہ جب محصور گیس پر باہر سے دباؤ ڈال کر اس کے حجم کو گھٹایا جاتا ہے تو باہر سے کیا ہوا یہ کام حرارت کی توانائی میں تبدیل ہو جاتا ہے جس سے گیس

کے اندر کی حرارت زیادہ ہو جاتی ہے اور اس کا ٹمپریچر یعنی درجہ تپش بڑھ جاتا ہے ۔ اب اگر اس تبدیلی کو ہم تپش (Isothermal) رکھنا ہو تو یہ اسی صورت سے ہو سکتا ہے کہ گیس پر بیرونی کام کے کرنے سے اس کے اندر جو زائد حرارت پیدا ہوتی ہے وہ ساتھ ساتھ خارج ہوتی رہے تاکہ گیس کا ٹمپریچر ایک ہی درجے پر برقرار رہے ۔ اس کے برعکس جب محصور گیس کے حجم کو بڑھنے اور اس کے دباؤ کو گھٹنے دیا جائے تو چونکہ گیس کو پھیلتےوقت خود کام کرنا پڑتا ہے اس لیےاس کی حرارتی توانائی کا ایک حصہ اس کام کی تکمیل میں صرف ہو جاتا ہے اس کا نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ پھیلاؤ سے گیس میں ٹھنڈک پیدا ہوتی ہے اور اس کا ٹمپریچر قدرے کم ہو جاتا ہے ۔ چنانچہ اگر ہمیں اس تبدیلی کو ہم تپش (Isothermal) رکھنا مطلوب ہو تو یہ ضروری ہو جاتا ہے کہ باہر سے اس کو اتنی حرارت ملتی رہے جس سے اس حرارت کی ، جو پھیلاؤ کے دوران میں صرف ہوتی ہے ، تلافی ہوتی جائے اور اس طور سے گیس کا ٹمپریچر ایک ہی قیمت پر بر قرار رہے ۔

بوائل کا قانون (Boyle's law) ۔ یہ بات نہ صرف تجربے سے بلکہ نظری طور پر بھی ثابت ہے کہ جب کسی محصور گیس کا ٹمپریچر بر قرار رہے تو اس کا دباؤ اور حجم ایک دوسرے کے معکوس متناسب ہوتے ہیں یعنی حجم جس نسبت سے بڑھتا ہے اسی نسبت سے دباؤگھٹ جاتا ہے اور دباؤ جس نسبت سے بڑھتا ہے اسی نسبت سے حجم کم ہو جاتا ہے ۔ دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ ایک خاص کمیت کی محصور گیس کے لیے ایک خاص ٹمپریچر پر اس کے دباؤ P اور V کا حاصل ضرب PV مستقل رہتا ہے ۔ اس قانون کو انگلستان میں ایک سائنس دان بوائل (Boyle) نے معلوم کیا تھا اس لیے اس کو **بوائل کا قانون** (Boyle's law) کہتے ہیں ۔

اس قانون کو مندرجہ ذیل دو طریقوں سے بیان کیا جاتا ہے ۔

بوائل کا قانون ۔ (پہلا بیان) جب ٹمپریچر کو بر قرار رکھا جائے تو ایک خاص کمیت کی محصور گیس کا دباؤ اس کے حجم کے بالعکس متناسب ہوتا ہے ۔

ریاضی کی رو سے

$$P \propto \frac{1}{V}$$

بوائل کا قانون (دوسرا بیان) - جب ٹمپریچر کو بر قرار رکھا جائے تو ایک خاص کمیت کی محصور گیس کے دباؤ اور حجم کا حاصل ضرب مستقل رہتا ہے -

ریاضی کی رو سے

$$PV = \text{ایک مستقل}$$

نوٹ - بوائل ھی کے زمانے میں مذکورہ بالا قانون کو اپنے طور پر فرانس کے ایک سائنس دان **میری آت** (Marriotte) نے بھی دریافت کیا تھا - چنانچہ اھل فرانس کا دعوی ھے کہ اس قانون کا پہلا دریافت کنندہ برطانیہ کا سائنس دان بوائل نہیں ھے بلکہ فرانس کا سائنس دان میری آت (Marriotte) ھے - اس وجہ سے اس قانون کو انگریزی کی کتابوں میں **بوائل کا قانون** اور فرانسیسی زبان کی کتابوں میں **میری آت کا قانون** لکھا جاتا ھے - دنیا کے باقی ممالک میں سے بعض انگریزوں کی پیروی میں اس کو بوائل کا قانون اور بعض فرانسیسوں کی پیروی میں اس کو میری آت کا قانون کہتے ھیں -

حرارت ناگزار تبدیلیاں (Adiabatic changes) - اب ھم اس دوسری حالت کا ذکر کرتے ھیں جس کے ماتحت کسی محصور گیس کے دباؤ اور حجم کی تبدیلیاں ایک نئے انداز سے واقع ھوتی ھیں - یہ وہ حالت ھے جس میں گیس کا اپنے گرد و نواح سے کسی قسم کا حرارتی واسطہ نہیں ھوتا بلکہ وہ دیگر اشیاء سے حرارتی طور پر کامل حاجز (Insulated) ھوتی ھے - اس وجہ سے جب اس محصور گیس پر باھر سے دباؤ ڈال کر اس کے حجم کو گھٹایا جاتا ھے تو باھر سے کیا ھوا یہ کام حرارت کی توانائی میں منتقل ھو جاتا ھے جس سے گیس کے اندر حرارت زیادہ ھو جاتی ھے - اب چونکہ گیس کی حرارت اس میں سے باھر نہیں نکل سکتی اس لیے گیس کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ھے - اس کے برعکس اگر گیس کے دباؤ

کو کم کر دیا جائے تو وہ باھر کو پھیلتی ھے اور اس کا حجم بڑھ جاتا ھے - حجم کے بڑھانے میں گیس کو کام کرنا پڑتا ھے اور اس کام کے لیے اس کو حرارت کی ضرورت ھوتی ھے - چونکہ گیس کا کوئی رابطہ باھر سے نہیں ھوتا اس لیے یہ حرارت گیس کے اندر ھی سے خرچ ھوتی ھے جس کے نتیجے میں گیس کا ٹمپریچر گھٹ جاتا ھے -

گیس کے دباؤ کے بڑھنے یا گھٹنے کی یہ تبدیلیاں **حرارت ناگزار تبدیلیاں** (Adiabatic changes) کہلاتی ھیں کیونکہ ان کے دوران میں گیس کی حرارت نہ تو اس میں سے باھر نکلنے پاتی ھے اور نہ باھر سے حرارت اس میں داخل ھوتی ھے -

اس سے پہلے ھم بیان کر چکے ھیں کہ ھم تپش تبدیلیوں (Adiabatic changes) کے لیے P اور V کا باھمی تعلق ذیل کی سادہ مساوات سے ظاھر ھوتا ھے -

$$PV = \text{ایک مستقل}$$

اب ھم یہ معلوم کریں گے کہ حرارت ناگزار تبدیلیوں (Adiabatic changes) میں P اور V کا تعلق کس مساوات سے ظاھر کیا جاتا ھے -

حرارت ناگزار تبدیلی کے لیے گیسی مساوات - فرض کیجیے کہ حرارت ناگزار حالت میں ایک گیس کا حجم بقدر dv کے بڑھتا ھے جب کہ dv بے حد قلیل مقدار ھے - تو گیس کو اس طرح پھیلنے میں جو کام کرنا پڑتا ھے وہ pdv ھوتا ھے - چونکہ گیس کو باھر سے کوئی حرارت نہیں مل سکتی اس لیے یہ کام اسے اپنی حرارت یا دوسرے لفظوں میں اپنی اندرونی توانائی سے لینا پڑتا ھے اس لیے اس کی اندرونی توانائی میں اس کام کی مقدار کے برابر کمی آ جاتی ھے - اگر یہ کمی du ھو تو

$$-du = pdv \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

du کے ساتھ منفی کی علامت اس لیے لگائی گئی ھے کیونکہ یہ کمی کو ظاھر کرتی ھے -

اندرونی توانائی کی اس کمی کے باعث گیس کا ٹمپریچر بقدر dT کے کم ھو جاتا ھے - اب اگر گیس کی کمیت 1 گرام ھو تو اس کی اندرونی

توانائی کی کمی ، مستقل حجم پر اس کی حرارت مخصوصہ اور اس کے ٹمپریچر کی کمی کے حاصل ضرب کے برابر ہوگی اس لیے

$$du = 1 \times C_v \times dT$$

اس کو (i) میں شامل کرنے سے

$$-C_v dT = pdv$$

$$\therefore \quad C_v dT + pdv = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

چونکہ اس گیس کے لیے ذیل کی مساوات بھی صادق آتی ہے

$$pv = rT$$

اس لیے اس مساوات پر تفرق عمل (Differentiation) کرنے سے

$$pdv + vdp = rdT$$

$$\therefore \quad dT = \frac{pdv + vdp}{r} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

مساوات (iii) کو (ii) میں شامل کرنے سے

$$C_v \times \frac{pdv + vdp}{r} + pdv = 0$$

r کے ساتھ ضرب دینے سے

$$C_v(pdv + vpd) + r\, pdv = 0$$

$$\text{یا} \quad C_v pd + C_v vdp + r\, pdv = 0$$

$$\because \quad C_p - C_v = r$$

$$\therefore \quad C_v pdo + C_v vdp \times (C_p - C_v) pdv = 0$$

$$\text{یا} \quad C_v pdv + C_v vdp + C_p pdv - C_v pdv = 0$$

$$\text{یا} \quad C_v vdp + C_p pdv = 0$$

$C_v pv$ پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{C_v vdp}{C_v pv} + \frac{Cp_p dv}{C_v pv} = 0$$

$$\frac{dp}{p} + \frac{C_p}{C_v} \times \frac{dv}{v} = 0$$

اگر دونوں حرارت مخصوصہ یعنی C_p اور C_v کی باھمی نسبت γ ھو تو

$$\frac{C_p}{C_v}=\gamma$$

اسے آوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$\frac{dp}{p}+\gamma\frac{dv}{v}=0$$

اس پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے

$$\log p+\gamma \log v=\text{مستقل}$$

یا $$\log pv^{\gamma}=\text{مستقل}$$

یا $$pv^{\gamma}=\text{مستقل}$$

یہی **حرارت ناگزار تبدیلی کی مساوات** ھے - اس سے ظاھر ھوتا ھے کہ جس طرح ھم تپش تبدیلیوں کے لیے ایک گیس پر مساوات

$$pv=\text{مستقل}$$

کا اطلاق ھوتا ھے - اسی طرح حرارت ناگزار تبدیلیوں کے لیے اس گیس پر مساوات

$$pv^{\gamma}=\text{مستقل}$$

صادق آتی ھے جب کہ γ اس گیس کی مستقل دباؤ کی حرارت مخصوصہ (C_p) اور اس گیس کی مستقل حجم کی حرارت مخصوصہ (C_v) کی باھمی نسبت ھو -

حرارت ناگزار تبدیلی میں T اور v کا تعلق - آوپر ھم ثابت چکے ھیں کہ

$$pv^{\gamma}=\text{مستقل}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

اب گیس پر اس عمومی مساوات کا بھی اطلاق ھوتا ھے

$$pv=r\mathrm{T}$$

$$\therefore\quad p=\frac{r\mathrm{T}}{v}$$

p کی اس قیمت کو (i) میں شامل کرنے سے

$$\frac{rT}{v} \times v^{\gamma} = \text{مستقل}$$

چونکہ r پہلے ہی سے مستقل ہے

$$\therefore \qquad Tv^{\gamma-1} = \text{مستقل}$$

حرارت ناگزار تبدیلی میں P اور T کا تعلق - پہلے ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$pv^{\gamma} = \text{مستقل} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اب گیس پر اس عمومی مساوات کا بھی اطلاق ہوتا ہے

$$pv = rT$$

$$\therefore \qquad v = \frac{rT}{p}$$

v کی اس قیمت کو (i) میں شامل کرنے سے

$$p\left(\frac{rT}{p}\right)^{\gamma} = \text{مستقل}$$

$$\frac{p \times r^{\gamma} \times T^{\gamma}}{p^{\gamma}} = \text{مستقل}$$

چونکہ r اور γ مستقل ہیں اس لیے r^{γ} ایک مستقل ہے پس

$$\frac{p \times T^{\gamma}}{p^{\gamma}} = \text{مستقل}$$

اس کو آلٹ دیا جائے تو بھی یہ مستقل ہی رہے گا - پس

$$\frac{p^{\gamma}}{p \times T^{\gamma}} = \text{مستقل}$$

$$\therefore \qquad \frac{p^{\gamma-1}}{T^{\gamma}} = \text{مستقل}$$

گیس کو پھیلنے میں کیا جانے والا کام - اگر کوئی گیس اس طور سے پھیلے کہ اس کا پہلا حجم v_1 ہو اور پھیلنے کے بعد یہ حجم v_2 ہو جائے تو اس پھیلاؤ میں کیا جانے والا کام pdv پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے معلوم کیا جا سکتا ہے - جب کہ اس کے حدود v_1 اور v_2 لیے جائیں - پس اگر یہ کام W ہو تو

$$W = \int_{v_1}^{v_2} pdv \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

(پہلی صورت) جب گیس ہم تپش طور پر (Isothermally) پھیل رہی ہو - اس صورت میں

$$pv = RT$$

چونکہ ہم تپش تبدیلی ہونے کے باعث T مستقل رہتا ہے اور R پہلے مستقل ہے - اس لیے RT کو مجموعی طور پر ایک مستقل K کے برابر رکھا جا سکتا ہے -

$$\therefore \quad pv = K$$

یا

$$p = \frac{K}{v}$$

p کی اس قیمت کو (i) میں شامل کرنے سے

$$W = \int_{v_1}^{v_2} \frac{K}{v} pv$$

$$= K\Big[\, log\ v \,\Big]_{v_1}^{v_2}$$

$$= K log \frac{v_2}{v_1}$$

$$\therefore \quad W = RT \log \frac{v_2}{v_1}$$

(دوسری صورت) جب گیس حرارت ناگزار طور پر (Adiabati-
cally) پھیل رہی ہو - اس صورت میں

$$pv^{\gamma} = K \text{ (ایک مستقل)}$$

$$\therefore \quad p = \frac{K}{v^{\gamma}}$$

p کی اس قیمت کو (i) میں شامل کرنے سے

$$W = \int_{v_1}^{v_2} \frac{K}{v^{\gamma}} dv = K \int_{v_1}^{v_2} v^{-\gamma} dv$$

$$= K \left[\frac{v^{1-\gamma}}{1-\gamma} \right]_{v_1}^{v_2}$$

$$= \frac{K}{1-\gamma} \left[\frac{1}{v^{\gamma-1}} \right]_{v_1}^{v_2}$$

$$\therefore \quad W = \frac{K}{1-\gamma} \left[\frac{1}{v_2^{\gamma-1}} - \frac{1}{v_1^{\gamma-1}} \right]$$

اگر حجم v_1 کے مقابل کا دباؤ p_1 ہو اور حجم v_2 کے مقابل کا دباؤ p_2
ہو تو

$$p_1 v_1^{\gamma} = K = p_2 v_2^{\gamma}$$

$$\because \quad W = \frac{K}{1-\gamma} \times \frac{1}{v_2^{\gamma-1}} - \frac{K}{1-\gamma} \times \frac{1}{v_1^{\gamma-1}}$$

$$\therefore \quad W = \frac{p_2 v_2^{\gamma}}{1-\gamma} \times \frac{1}{v_2^{\gamma-1}} - \frac{p_1 v_1^{\gamma}}{1-\gamma} \times \frac{1}{v_1^{\gamma-1}}$$

یا $W=-\frac{p_2v_2}{1-\gamma}-\frac{d_1v_1}{1-\gamma}$

یا $W=\left[-\frac{p_2v_2}{\gamma-1}\right]-\left[-\frac{p_1v_1}{\gamma-1}\right]$

یا $W=\frac{p_1v_1}{\gamma-1}-\frac{p_2v_2}{\gamma-1}$

یا $W=\frac{1}{\gamma-1}\left[p_1v_1-p_2v_2\right]$............(ii)

$\because \quad pv=RT$

اس لیے اگر ابتدائی ٹمپریچر T اور آخری ٹمپریچر T' ہو تو

$p_1v_1=RT$
$p_2v_2=RT'$

اسے (ii) میں شامل کرنے سے

$$W=\frac{1}{\gamma-1}\left[RT-RT'\right]$$

$$\therefore \quad W=\frac{R[T-T']}{\gamma-1}$$

گیس کے ہم تپش گراف اور ناگزار گراف کا ڈھلوان - ۱ - ہم تپش تبدیلی کی صورت میں

$pv=$ ایک مستقل

اس پر تفرق عمل (Differentiate) کرنے سے

$pdv+vdp=0$

یا $vdp=-pdv$

یا $\frac{dp}{dv}=-\frac{p}{v}$ ....(i)

جب p اور v کے درمیان ہم تپش تبدیلی کا گراف کھینچا جائے تو

$\frac{dp}{dv}$ اس گراف کے ڈھلوان کو ظاہر کرتا ہے اور یہ ڈھلوان $\frac{p}{v}$ کے برابر ہوتا ہے

۲ - حرارت ناگزار تبدیلی کی صورت میں

$$pv^{\gamma} = \text{مستقل}$$

اس پر تفرق عمل کرنے سے

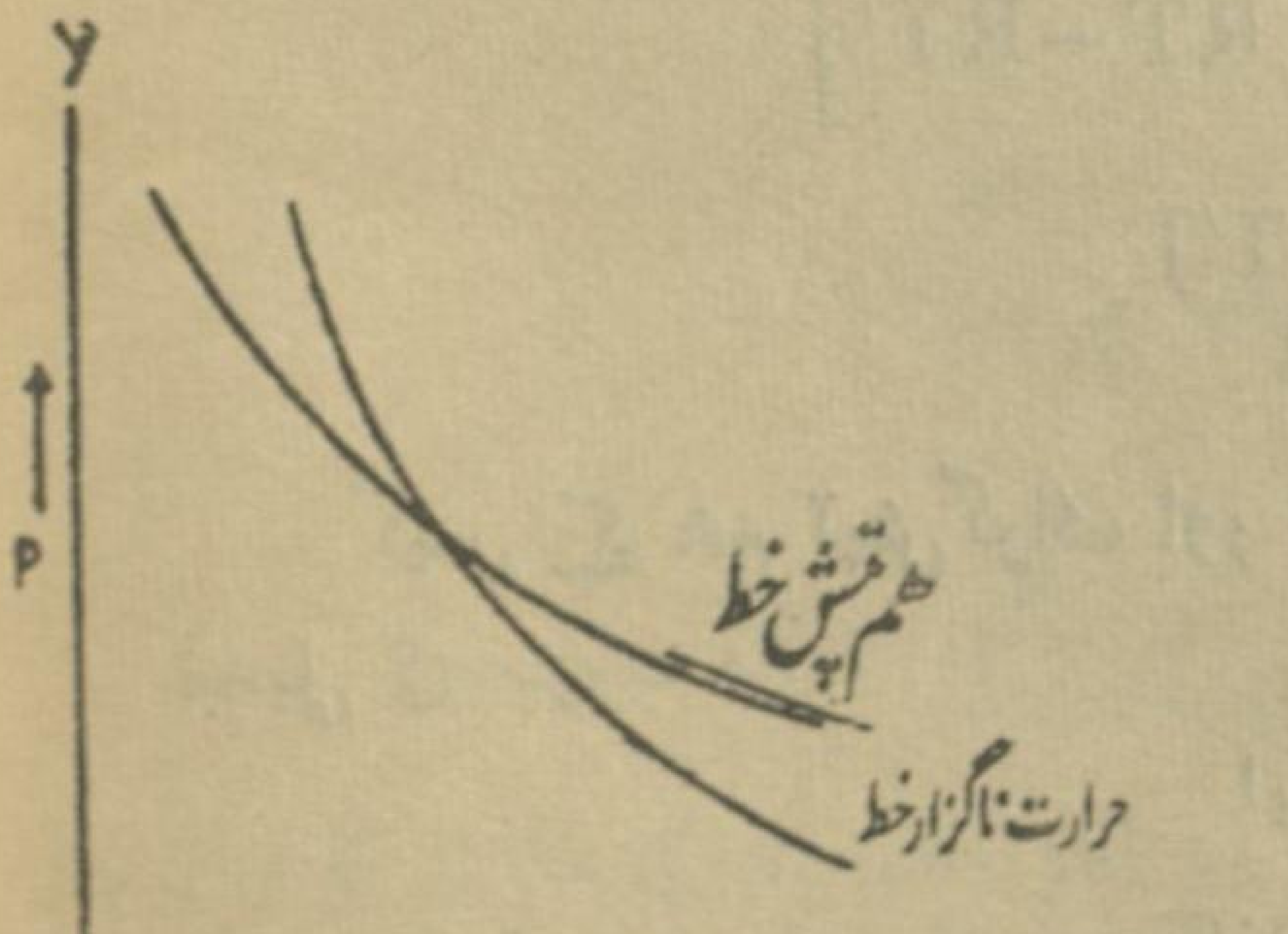
$$p\gamma v^{\gamma-1}dv + v^{\gamma 1-}dp = 0$$

$$\therefore \quad v^{\gamma}dp = -\gamma pv^{\gamma-1}dv$$

$$\text{یا} \quad vdp = -\gamma pdv$$

$$\therefore \quad \frac{dp}{dv} = -\gamma\frac{p}{v}$$

جب p اور v کے درمیان حرارت ناگزار تبدیلی کا گراف کھینچا جائے تو $\frac{dp}{dv}$ اس گراف کے ڈھلوان کو ظاہر کرتا ہے اور یہ ڈھلوان $-\gamma\frac{p}{v}$ کے برابر ہوتا ہے -



دونوں ڈھلوانوں کا مقابلہ - سامنے کی شکل میں v کو X محور کے ساتھ اور p کو Y محور کے ساتھ ظاہر کر کے ہم تپش تبدیلی اور حرارت گزار تبدیلی کے گراف کھینچے گئے ہیں - اب اوپر کی تصریح کے مطابق ہم تپش گراف کا ڈھلوان $\frac{p}{v}$ اور حرارت ناگزار گراف کا ڈھلوان $-\gamma\frac{p}{v}$ ہے - اس سے ظاہر ہے کہ حرارت ناگزار گراف کا ڈھلوان ہم تپش گراف کے ڈھلوان کا γ گنا ہوتا ہے - چونکہ

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

اور ایک گیس کے لیے C_p کی قیمت C_v کی قیمت سے ہمیشہ بڑی ہوتی ہے اس لیے ۲ یعنی $\frac{C_p}{C_v}$ ہمیشہ ایک سے بڑا ہوتا ہے - اس سے ثابت ہو جاتا ہے کہ جس جگہ پر یہ دونوں گراف ایک دوسرے کو قطع کرتے ہیں ، وہاں حرارت ناگزار گراف کا ڈھلوان ہم تپش گراف کے ڈھلوان سے زیادہ مائل بہ بلندی (Steeper) ہوتا ہے -

کسی گیس کی ہم تپش لچک (Isothermal Elasticity) **اور حرارت ناگزار لچک** (Adiabatic Elasticity) - جب کسی گیس کے دباؤ p کو معمولی سا بڑھا کر $p+dp$ کر دیا جائے تو اس کے حجم v میں تھوڑی سی کمی پیدا ہو جاتی ہے جس سے یہ حجم $v-dv$ ہو جاتا ہے - اب dp اس صورت میں زور (Stress) کو ظاہر کرتا ہے - اور $\frac{-dv}{v}$ بگاڑ (Stress) کو اس لیے اگر گیس کی لچک E (Elasticity) ہو تو چونکہ

$$\text{لچک} = \frac{\text{زور}}{\text{بگاڑ}}$$

$$\therefore \quad E = \frac{dp}{\frac{-dv}{v}} \qquad = -v\frac{dp}{dv}$$

اس بنیادی تعلق سے ہمیں لچک کی دو صورتیں حاصل ہوتی ہیں - جب گیس میں دباؤ کی تبدیلی سے حجم کی تبدیلی ہم تپش ہوتی ہے تو $-v\frac{dp}{vd}$ ہم تپش لچک (Isothermal Elasticity) کو ظاہر کرتی ہے اور جب گیس میں دباؤ کی تبدیلی سے حجم کی تبدیلی حرارت ناگزار ہوتی ہے تو $-v\frac{dp}{dv}$ حرارت ناگزار لچک (Adialatic Elasticity) بن جاتی ہے -

اب ہم لچک کی ان دونوں صورتوں کی قیمتیں معلوم کرتے ہیں -

ہم تپش لچک (Isothermal Elasticity) - گیس کی ہم تپش

مساوات یہ ہے ۔

$$pv = \text{مستقل}$$

اس پر تفرق عمل (Differentiation) کرنے سے

$$pdv + vdp = 0$$

$$\therefore \quad -vdp = pdv$$

یا $-v\dfrac{dp}{dv} = p$

مگر اس صورت میں $-v\dfrac{dp}{dv}$ ہم تپش لچک E_1 کو ظاہر کرتی ہے اس لیے

$$E_1 = p$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ **گیس کی ہم تپش لچک** (Isothermal Elasticity) اس کے دباؤ p کے برابر ہوتی ہے ۔

حرارت ناگزار تپش (Adiabatic Elasticity) - گیس کی حرارت ناگزار مساوات یہ ہے

$$pv^{\gamma} = \text{مستقل}$$

اس پر تفرق عمل (Diffentiation) کرنے سے

$$prv^{\gamma-1}\, dv + v^{\gamma}dp = 0$$

یا $-v^{\gamma}dp = \gamma pv^{\gamma-1}dv$

یا $-vdp = \gamma pdv$

یا $-v\dfrac{dp}{dv} = \gamma p$

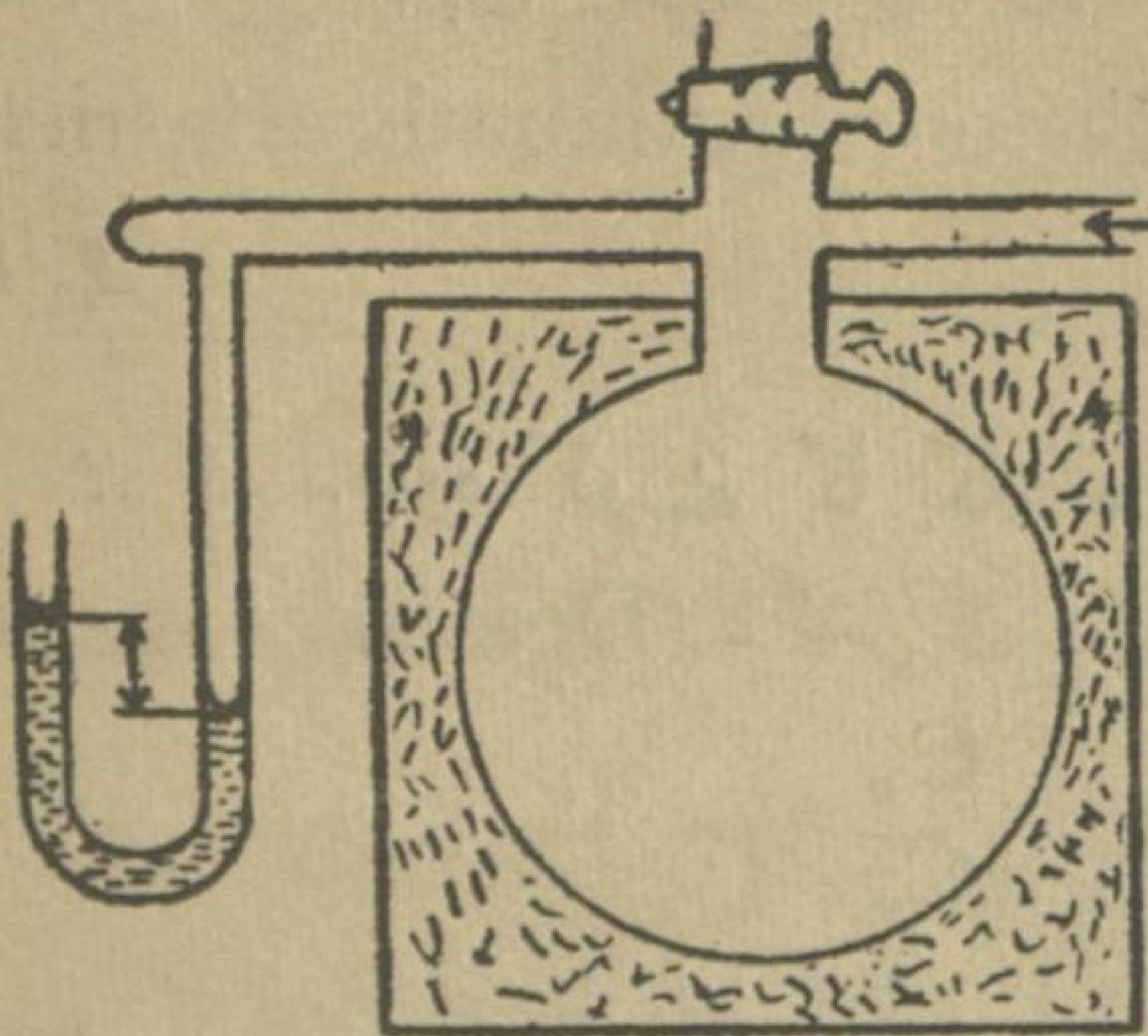
مگر اس صورت میں $-v\dfrac{dp}{dv}$ حرارت نا گزار لچک E_2 کو ظاہر کرتا ہے اس لیے

$$E_2 = \gamma p$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ گیس کی حرارت ناگزار لچک (Adiabatic Elasticity) اس دباؤ p سے γ گنا یعنی γp کے برابر ہوتی ہے۔

γ کو معلوم کرنے کا کلیماں دیزارمی کا طریقہ (Clement Desormes method)۔ گیس کی دو حرارت مخصوصہ یعنی C_p اور C_v کی باھمی نسبت γ کو جو $\frac{C_p}{C_v}$ کے برابر ہوتی ہے، تجربے سے معلوم کرنے کا ذیل کا طریقہ ایک فرانسیسی سائنس دان کلیماں دیزارمی (Clement Desormes) کی اختراع ہے اور اس لیے یہ **کلیماں دیزارمی طریقہ** (Clement Desormes method) یا صرف **دیزارمی کا طریقہ** (Desormes method) کہلاتا ہے۔ یہاں یہ بات قابل ذکر ہے کہ بعض کتابوں میں اس طریقے کا نام **کلیماں اور دیزاری کا طریقہ** (Clement and Desormes method) لکھا ہے جس سے یہ تاثر پیدا ہوتا ہے کہ کلیماں (Clement) اور دیزاری (Desormes) دو علیحدہ سائنس دانوں کے نام ہیں اور یہ طریقہ ان دونوں کا مشترکہ ایجاد کردہ ہے۔ یہ صحیح نہیں ہے۔ کلیماں اور دیزاری دو علیحدہ علیحدہ اشخاص کے نام نہیں ہیں۔ بلکہ کلیماں دیزاری (Clement Desormes) ایک ہی شخص کا نام ہے۔ جو پیرس میں کیمیا کا پروفیسر تھا۔ اس نے 1841ء میں وفات پائی۔ دیکھیے Chamber's Dictionary of Scientists۔

کلیمنٹ دیزارمی کے طریقے میں جو آلہ استعمال کیا جاتا ہے وہ ایک بہت بڑی سائز کے صراحی نما برتن یعنی فلاسک (Flask) پر مشتمل ہوتا ہے۔ جس کی اندرونی گنجائش قریباً 20 لیٹر (Litres) ہوتی ہے۔ اس کا منہ کافی چوڑا ہوتا ہے۔ جس میں ایک سٹاپ کاک (Stop cock) لگا رہتا ہے۔ اس کی گردن میں بائیں جانب یک طرف نلی (Side tube) کے ذریعے سلفیورک ایسڈ کا مینومیٹر (Mano-meter) لگا ہوتا ہے۔ جس کی مدد سے اس کے اندر اور باہر کے



دباؤ کا فرق ناپا جاتا ہے۔
اسی گردن میں دائیں جانب ایک اور طرفی نلی لگی ہے جس کو حسب ضرورت ایک پمپ کے ساتھ جوڑا جاتا ہے۔ فلاسک کو ایک بکس میں رکھا جاتا ہے جس کے اندر اس کے چاروں طرف کاٹن وول (Cotton wool) بھری ہوتی ہے تاکہ ارد گرد سے حرارت کے اخراج اور حصول کو کم کیا جا سکے۔

تجربہ کرنے کے لیے پمپ کی مدد سے اندر کی ہوا کو خارج کر کے اس کی بجائے دی ہوئی گیس بھر دی جاتی ہے اور اس کا دباؤ اتنا رکھا جاتا ہے کہ وہ باہر کے کرہ ہوائی کے دباؤ سے کسی قدر اونچا ہوتا ہے۔ مینومیٹر سے ان دونوں کا فرق ناپا جاتا ہے۔ اور اس فرق کو کرہ ہوائی کے دباؤ میں جس کی پیمائش بیرومیٹر سے کی جاتی ہے، جمع کر کے محصور گیس کا دباؤ p معلوم کر لیا جاتا ہے۔

اب سٹاپ کاک کو پہلے کھولا جاتا ہے اور پھر جلدی سے بند کر دیا جاتا ہے۔ سٹاپ کاک کے کھولنے پر گیس حرارت ناگزار طور پر (Adiabatically) پھیلتی ہے اور اس کا دباؤ کرہ ہوائی کے دباؤ p کے برابر ہو جاتا ہے۔ حرارت ناگزار طور پر پھیلنے کے باعث اس کا ٹمپریچر تھوڑا سا گر جاتا ہے چنانچہ اگر اس کا ٹمپریچر سٹاپ کاک کے کھلنے سے پہلے t ہو، (جو کمرے کا بھی ٹمپریچر ہے) اور سٹاپ کاک کھلنے کے بعد یہ ٹمپریچر t_1 ہو جائے تو t سے ٹمپریچر t_1 تھوڑا سا کم ہوتا ہے۔ جب سٹاپ کاک کو تھوڑے سے عرصے کے لیے کھول کر دوبارہ بند کر دیا جاتا ہے تو محصور گیس رفتہ رفتہ اب ارد گرد سے حرارت لیتی ہے جس کے باعث اس کا ٹمپریچر بڑھ کر کرہ ہوائی کے ٹمپریچر t کے برابر ہو جاتا ہے البتہ گیس چونکہ فلاسک کے اندر محصور ہے اس لیے اس کا حجم جو ٹمپریچر t_1 پر ہوتا ہے وہی ٹمپریچر t پر

رھتا ھے - اس کا مطلب یہ ھے کہ گیس کے ٹمپریچر کا t_1 سے t تک گرم ھونے کا عمل مستقل حجم پر واقع ھوتا ھے جس کے باعث اس کا دباؤ بڑھ کر p_2 ھو جاتا ھے جب کہ یہ دباؤ p_2 پہلے دباؤ p سے زیادہ ھوتا ھے - مینومیٹر کی مدد سے یہ دباؤ p_2 بھی ناپ لیا جاتا ھے -

فرض کیجئے کہ فلاسک کا اپنا حجم V ھے اور ابتدا میں دباؤ p_1 اور ٹمپریچر t پر اس کے اندر جو گیس بھری ھوتی ھے اس کا حجم بھی V ھوتا ھے - جب سٹاپ کاک کھول کر بند کیا جاتا ھے تو اس میں سے کچھ گیس باھر نکل جاتی ھے اور باقی ماندہ گیس دباؤ p اور ٹمپریچر t_1 پر پورے فلاسک کو بھر دیتی ھے - یعنی دباؤ p اور ٹمپریچر t_1 پر اس کا حجم بھی V ھوتا ھے - لیکن پہلی سٹیج پر سٹاپ کاک کھولنے سے پہلے ، گیس کی اس مقدار کا حجم V سے اتنا کم ھوتا ھے جتنا باھر نکلنے والی گیس کا حجم ھوتا ھے - گیس کی اس مقدار کے حجم کو ھم V_1 سے ظاھر کر سکتے ھیں - تب اگر ھم V_1 حجم کی اس مقدار کو زیر غور لائیں تو یہ تین علیحدہ علیحدہ سٹیجوں میں سے گزرتی ھے -

ابتدائی سٹیج - ابتدائی یعنی پہلی سٹیج میں گیس کی اس زیر غور مقدار کا حجم V_1 ھے جو فلاسک کے حجم سے کم ھے - اس کا دباؤ p_1 ھے جو کرہ ھوائی کے دباؤ p سے زیادہ ھے اور اس کا ٹمپریچر t ھے جو کرہ ھوائی اور کمرے کا ٹمپریچر ھے -

دوسری سٹیج - جب سٹاپ کاک کو کھول کر بند کیا جاتا ھے تو گیس کی یہی زیر غور مقدار سارے فلاسک میں بھر جاتی ھے - جس کے باعث اس کا حجم V ھو جاتا ھے جو اس کے پہلے حجم V_1 سے زیادہ ھوتا ھے - اس کا دباؤ p ھو جاتا ھے جو کرہ ھوائی کا دباؤ ھے اور اس کا ٹمپریچر وقتی طور پر t_1 ھو جاتا ھے جو گیس کے پہلے ٹمپریچر یعنی کمرے کے ٹمپریچر سے کم ھوتا ھے - چونکہ پہلی سٹیج سے دوسری سٹیج تک گیس کی زیر غور مقدار کے دباؤ اور حجم کی تبدیلیاں حرارت ناگزار طور پر واقع ھوتی ھیں - اس لیے

$$p_1 V_1^{\gamma} = p V^{\gamma}$$

$$\therefore \quad \frac{p_1}{p}\left(\frac{V}{V}\right)^{\gamma} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

تیسری سٹیج - جب دوسری سٹیج کو کچھ وقت گزر جاتا ہے تو گیس گرم ہو کر کمرے کا ٹمپریچر t اختیار کرتی ہے اس وقت اس کا حجم V ہوتا ہے جو فلاسک کا حجم ہے اس کا ٹمپریچر t ہوتا ہے جو کمرے کا ٹمپریچر ہے اور اس کا دباؤ p_2 ہے جو کرہ ہوائی کے دباؤ سے زائد ہے - اب تیسری سٹیج اور پہلی سٹیج کو زیر غور لائیے اور ان کا باہمی مقابلہ کیجئے - چونکہ ان دونوں حالتوں میں ٹمپریچر ایک ہی ہے (یعنی t) اس لیے ان حالتوں پر بوائل کے قانون کا اطلاق ہوتا ہے -

$$\therefore \quad p_1 V_1 = p_2 V$$

$$\text{یا} \quad \frac{V}{V_1} = \frac{p_2}{p_2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

(ii) کو (i) میں شامل کرنے سے

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\gamma}$$

$$\text{یا} \quad \log p_1 - \log p = \gamma (\log p_1 - \log p_2)$$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{\log p_1 - \log p}{\log p_1 - \log p_2}$$

اس طرح P ، P_1 اور p_2 کی پیمائش کرنے سے γ کی قیمت معلوم کی جا سکتی ہے -

اوپر کے طریقے سے γ کو معلوم کرنے کا تخمینی کلیہ - اوپر کے طریقے سے γ کو معلوم کرنے کا ایک تخمینی کلیہ ذیل میں درج کیا جاتا ہے - اس میں p ، p_1 اور p_2 کے log نہیں لینے پڑھتے - بلکہ مینومیٹر کے دونوں بازوؤں کا فرق جو پہلی سٹیج میں H اور دوسری سٹیج میں h ہوتا ہے ناپنے پر ایک سادہ کلیے سے معلوم کیا

جا سکتا ہے - پہلی سٹیج میں جب گیس کا دباؤ p_1 ہوتا ہے تو چونکہ مینومیٹر کا فرق H ہے اس لیے

$$p_1 = p + H$$

تیسری سٹیج میں جب گیس کا دباؤ p_1 ہوتا ہے تو چونکہ مینومیٹر کا فرق h ہے اس لیے

$$p_1 = +h$$

ان قیمتوں کو ذیل کے کلیے

$$\gamma = \frac{\log p_1 - \log p}{\log p_1 - \log p_2}$$

میں شامل کرنے سے

$$\gamma = \frac{\log (p+H) - \log p}{\log (p+H) - \log (p+h)}$$

یا

$$\gamma = \frac{\log \dfrac{p+H}{p}}{\log \dfrac{p+H}{p+h}}$$

یا

$$\gamma = \frac{\log \left(1 + \dfrac{H}{p}\right)}{\log \left(1 + \dfrac{H-h}{p+h}\right)}$$

یا

$$\gamma = \frac{\left(\dfrac{H}{p} - \dfrac{H^2}{2p^2} \ldots\ldots\ldots\right)}{\left(\dfrac{H-h}{p+h} = \dfrac{(H-h)^2}{2(p+h)^2} + \ldots\right)}$$

چونکہ $\dfrac{H}{p}$ ایک سے بہت چھوٹا ہے

ور $\dfrac{H-h}{p+h}$ بھی ایک سے بہت کم ہے

اس لیے ان کی دوسری طاقت کی مقداروں نیز اس سے زیادہ طاقت کی مقداروں کو خذف کیا جا سکتا ہے

$$\therefore \qquad \gamma = \frac{\frac{H}{P}}{\frac{H-h}{p+h}}$$

چونکہ p کے مقابلے میں h بہت قلیل رقم ہے اس لیے اس کو حذف کیا جا سکتا ہے ۔ جس کے بعد

$$\gamma = \frac{\frac{H}{p}}{\frac{H-h}{p}}$$

$$\therefore \qquad \gamma = \frac{H}{H-h}$$

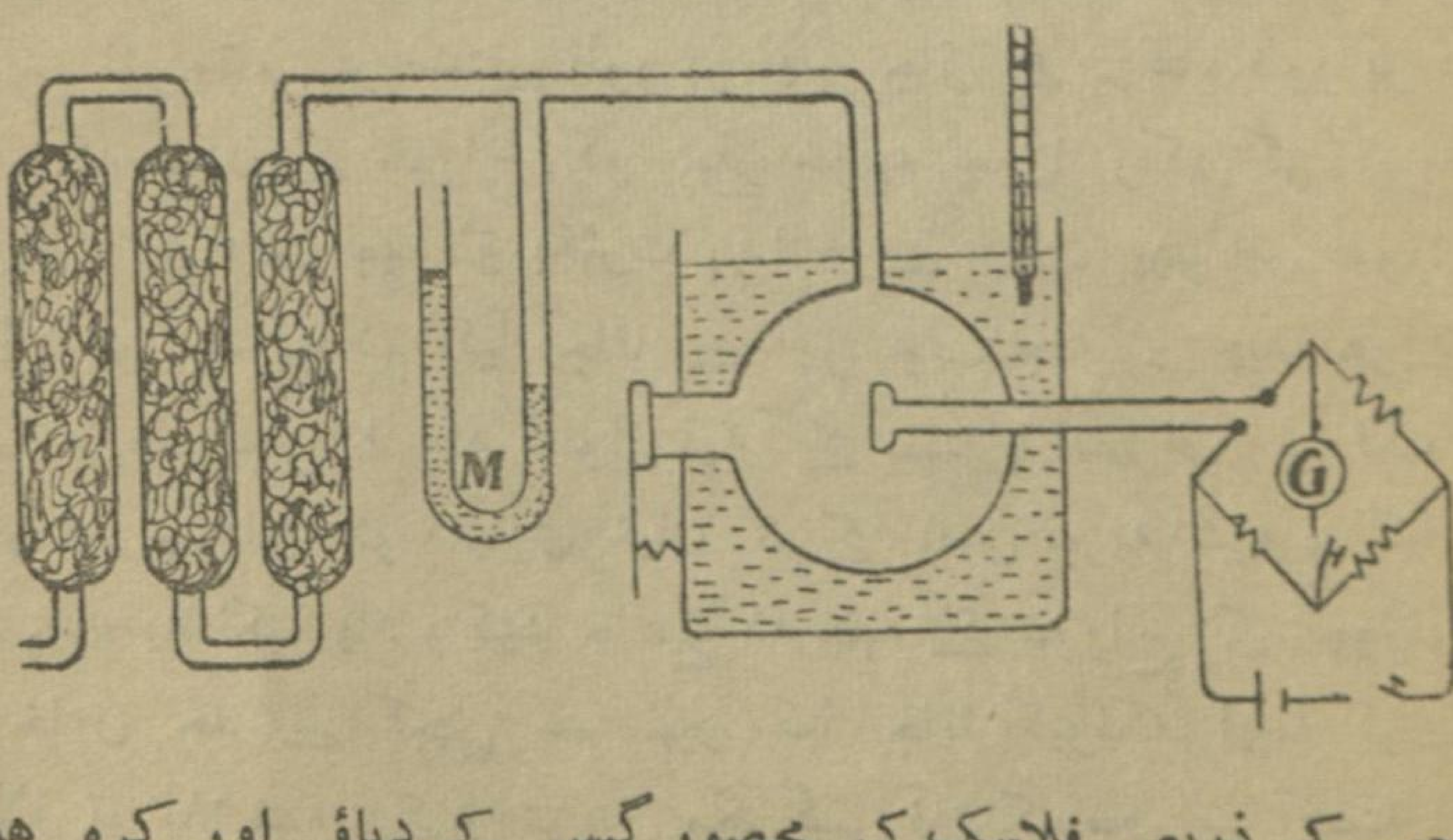
بس اوپر کے تجربے میں H اور h کی پیمائش کرکے اس کلیے سے r کی قیمت نکالی جا سکتی ہے ۔ یہ کلیہ تخمینی (Approximate) ضرور ہے مگر اس سے جو نتیجہ نکلتا ہے وہ بہت حد تک صحیح ہوتا ہے ۔

مذکورہ طریقے کی ایک خامی ۔ کلیمان دیزارمی (Clement Desormes) کے مذکورہ بالا طریقے میں ایک خامی ہے ۔ جب فلاسک کے سٹاپ کاک کو کھولا جاتا ہے تو اس کی گردن کے پاس ہوا کے جھونکوں کا ایک جھولاؤ تھوڑے عرصے کے لیے جاری ہو جاتا ہے ۔ چنانچہ جب یہ جھولاؤ باہر کی طرف ہوتا ہے تو اندر کا دباؤ کرہ ہوائی کے دباؤ سے ذرا سا کم ہو جاتا ہے لیکن جب یہ جھولاؤ اندر کی طرف کو ہوتا ہے تو فلاسک کے اندر کا دباؤ کرہ ہوائی کے دباؤ سے ذرا سا بڑھ جاتا ہے ۔ اس وجہ سے یہ اندازہ کرنا مشکل ہوتا ہے کہ سٹاپ کاک ایسے وقت لگایا جائے جب یہ جھولاؤ درمیان میں ہو اور جب اندر کا دباؤ باہر کے دباؤ یعنی کرہ ہوائی کے دباؤ کے عین برابر ہو ۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ عملی طور پر جب سٹاپ کاک ایک بار کھولنے کے

بعد لگایا جاتا ہے تو یہ یقین سے نہیں کہا جا سکتا کہ اندر کا دباؤ باہر کے (کرہ ہوائی کے) دباؤ کے عین برابر ہوگیا ہے۔

نوٹ۔ اس خامی کو دور کرنے کے لیے ایک اور سائنس دان پارٹنگٹن (Partington) نے ایک اصلاح یافتہ طریقہ اختیار کیا جو ذیل میں درج کیا جاتا ہے۔

γ کا قیمت معلوم کرنے کا پارٹنگٹن (Partingtin) کا طریقہ۔ پارٹنگٹن نے γ کی قیمت معلوم کرنے کے لیے جو صراحی نما برتن یعنی فلاسک استعمال کیا وہ بہت بڑے سائز کا تھا۔ چنانچہ اس کی گنجائش 130 لیٹر تھی۔ اس سلاخ کے منہہ پر ایسا انتظام کیا ہوا تھا جس سے اس کے منہ کی چوڑائی ایک خاص ڈھکنے کو پھرانے سے تنگ یا چوڑی کی جا سکتی تھی۔ اس کے ایک جانب ایک نکاس نلی لگی رہتی تھی جس کے ذریعے فلاسک کے اندر زیر تجربہ خشک گیس یا خشک ہوا بھری جا سکتی تھی۔ اس ہوا یا گیس کو خشک کرنے کے لیے آسے ایسی نلیوں میں سے گزارا جاتا تھا جس میں جاذب نم اشیاء پڑی ہوتی تھیں۔ علاوہ ازیں اسی نکاس نلی کے ساتھ ایک مینومیٹر M بھی لگا



تھا۔ جس کے ذریعے فلاسک کی محصور گیس کے دباؤ اور کرہ ہوائی کے دباؤ کا فرق معلوم کیا جاتا تھا۔ فلاسک کے اندر ایک بولومیٹر (Bolometer) داخل کیا ہوا تھا جس کا ورق (Strip) عام بولومیٹروں کی طرح پلاٹینم کا بنا ہوا اور نہایت باریک تھا۔ یہ

بولومیٹر باہر کی طرف ویٹ سٹون برج (Wheatstone Bridge) کے ایک بازو میں ملا ہوا تھا ۔ فلاسک کو پانی کے باتھ میں رکھا گیا تھا اور اس باتھ کا ٹمپریچر ناپنے کے لیے اس کے اندر ایک حساس تھرمامیٹر موجود تھا ۔ جو $0 \cdot 01°C$ تک ٹمپریچر صحیح صحیح ناپ سکتا تھا ۔ متعدد آزمائشوں کے بعد فلاسک کے منہ کی چوڑائی کو اس حد پر رکھا گیا تھا کہ جب فلاسک کے اندر اونچے دباؤ پر گیس کو بھر لینے کے بعد اس کے منہ کو اچانک کھول دیا جائے تو گیس اس طور سے باہر نکلے کہ منہہ کے قریب گیس کے جھونکوں کے اندر باہر آنے سے وہاں پر جھولاؤ (Oscillation) کی کیفیت پیدا ہونے نہ پائے ۔ یہ صورت حال بولومیٹر اور ویٹ سٹون برج (Wheatstone bridge) سے معلوم کی جا سکتی ہے ۔ کیونکہ اگر یہ جھولاؤ پیدا ہونے لگیں تو ویٹ سٹون برج کے گیلوانومیٹر میں جو انصراف (Deflection) پیدا ہوتا ہے وہ غیر مستقل ہوتا ہے ۔ یعنی وہ کم و بیش ہوتا رہتا ہے اور گیلوانومیٹر کی سوئی ایک جگہ پر ٹھہرا رہنے کی بجائے ادھر آدھر ہوتی رہتی ہے ۔ لیکن اگر یہ جھولاؤ پیدا نہ ہوں تو پھر گیلوانومیٹر کی سوئی ایک بار تیزی سے منصرف (Deflect) ہو جانے کے بعد اپنے نئے مقام پر مستقل طور پر ٹھہر جاتی ہے ۔ عام طور پر دستور یہ ہے کہ گردن کے سوراخ کو پہلے خوب چوڑا رکھ کر تجربہ کیا جاتا ہے ۔ اس وقت جھولاؤ بکثرت پیدا ہوتے ہیں ۔ پھر اس سوراخ کی چوڑائی کو بتدریج کم کیا جاتا ہے اور جب جھولاؤ پیدا ہونے بند ہو جاتے ہیں جس کا پتہ گیلوانومیٹر کے مستقل انصراف سے لگ جاتا ہے تو اس چوڑائی کو معیاری خیال کرکے اصل تجربہ شروع کیا جاتا ہے ۔ یہاں یہ نکتہ یاد رکھنا چاہیے کہ منہہ کے سوراخ کی چوڑائی کو اس خاص حد سے کبھی کم نہیں کیا جاتا کیونکہ ایسا کرنے سے جھولاؤ تو بلا شبہ رکے رہتے ہیں مگر گیس فلاسک میں سے آہستہ آہستہ نکلتی ہے جس کے باعث اس کا پھیلاؤ حرارت ناگزار (Adiabatic) نہیں رہتا ۔ جو اس تجربے کے لیے ضروری ہے ۔

محصور گیس کا ابتدائی دباؤ p معلوم کرنے کے لیے مینومیٹر کے

دونوں بازوؤں میں لیول کا فرق دریافت کیا جاتا ہے اور اسے کرہ ہوائی کے دباؤ میں جمع کر دیا جاتا ہے - محصور گیس کا ابتدائی ٹمپریچر t_1 تھرمامیٹر سے باتھ کا ٹمپریچر ناپنے پر معلوم ہو جاتا ہے کیونکہ شروع میں گیس کا ٹمپریچر باتھ کے ٹمپریچر کے عین برابر ہوتا ہے - اب فلاسک کے منہ کو کھول دیا جاتا ہے - جس پر گیس باہر نکلتی ہے اور چونکہ اس کا یہ پھیلاؤ حرارت ناگزار ہوتا ہے اس لیے اس کا ٹمپریچر t_1 سے گر کر t_2 ہو جاتا ہے اس نئے ٹمپریچر t_2 کو ناپنے کے لیے ذیل کا طریقہ اختیار کیا جاتا ہے - فلاسک کے اندر گیس کو بھرنے کے بعد ویٹ سٹون برج (Wheatstone bridge) کو اس طور سے تھوڑا سا غیرمتوازن کیا جاتا ہے کہ جب فلاسک کے منہ کو کھول دینے کے بعد گیس کا حرارت ناگزار پھیلاؤ واقع ہو چکے - تو ویٹ سٹون برج خودبخود متوازن ہو جائے اور اس کے گیلوانومیٹر کی سوئی صفر پر آ جائے - یہ کیفیت بار بار کے آزمائشی تجربوں کے بعد حاصل ہوتی ہے اور اس کے بعد ہی اصل تجربہ کیا جاتا ہے - جب اصل تجربے کے دوران میں گیس کا منہ کھول دینے سے وہ حرارت ناگزار طریق پر پھیلتی ہے - تو اس کا ٹمپریچر تھوڑا سا گرتا ہے اور t_1 سے (جو گیس کا ابتدائی ٹمپریچر ہونے کے علاوہ باتھ کا بھی ٹمپریچر ہوتا ہے) تھوڑا سا نیچا ہو کر t_2 تک آجاتا ہے - اب اگر باتھ کے ٹمپریچر کو t_1 پر ہی رہنے دیا جائے تو تھوڑے عرصے میں گیس کا ٹمپریچر t_2 سے اوپر چڑھ کر t_1 ہو جائے گا اور اس وقت ویٹ سٹون برج کے غیر متوازن ہونے کے باعث اس کے گیلوانومیٹر کی سوئی صفر پر نہیں رہے گی - لیکن یہ صورت فی الواقع پیدا نہیں ہونے دی جاتی - بلکہ باتھ میں برف کے چھوٹے چھوٹے ٹکڑے اتنے ڈال دیے جاتے ہیں کہ ان کے پگھلنے کے بعد باتھ کا ٹمپریچر بھی t_1 سے گر کر t_2 تک آجاتا ہے - گویا باتھ کا یہ نیا ٹمپریچر اور گیس کا نیا ٹمپریچر دونوں ایک ہو جاتے ہیں - جس کے بعد ویٹ سٹون برج کے گیلوانو میٹر کی سوئی بدستور صفر ہی پر رہتی ہے - اور یہ اس بات کا ثبوت ہوتا ہے کہ باتھ کا نیا ٹمپریچر بھی اب وہی ہے جو حرارت گزار طور پر پھیلنے کے بعد گیس کا ہے - باتھ کا یہ ٹمپریچر اس کے اندر داخل

کیے ہوئے تھرمامیٹر سے پڑھ لیا جاتا ہے اور یہی گیس کا دوسرا ٹمپریچر t_2 ہوتا ہے جو اس طور سے معلوم ہو جاتا ہے۔ گیس کے یہ دونوں ٹمپریچر t_1 اور t_2 سنٹی گریڈ درجوں میں ہوتے ہیں۔ جس کو مطلق پیمانے (Absolute Scale) کے درجوں یعنی T_1 اور T_2 میں تبدیل کر لیا جاتا ہے۔ گیس کے حرارت نا گزار طور پر پھیل جانے کے بعد اس کا دباؤ کرہ ہوائی کے دباؤ p کے برابر ہو جاتا ہے جو بیرومیٹر سے ناپا جا سکتا ہے۔ چونکہ حرارت گزار تبدیلی کی صورت میں

$$\frac{p^{\gamma-1}}{T^{\gamma}} = \text{ایک مستقل}$$

$$\therefore \quad \frac{p_1^{\gamma-1}}{T_1^{\gamma}} = \frac{p_2^{\gamma-1}}{T_2^{\gamma}}$$

یا
$$\log\frac{p_1^{\gamma-1}}{T_1^{\gamma}} = \log\frac{p_2^{\gamma-1}}{T_2^{\gamma}}$$

یا
$$\log p_1^{\gamma-1} - \log T_1^{\gamma} = \log p_2^{\gamma-1} - \log T_2^{\gamma}$$

یا
$$(\gamma-1)\log p_1 = \gamma\log T_1 = (\gamma-1)\, p_2 - \gamma\log T_2$$

یا
$$\gamma\log p_1 - \log p_1 - \gamma\log T_1 = \gamma\log p_2 - \log p_2 - \gamma\log T_2$$

یا
$$\gamma\log p_1 - \gamma\log p_2 - \gamma\log T_1 + \gamma\log T_2 = \log p_1 - \log p_2$$

یا
$$\gamma[(\log p_1 - \log p_2) - (\log T_1 - \log T_2)] = \log p_1 - \log p_2$$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{\log p_1 - \log p_2}{(\log p_1 - \log p_2) - (\log T_1 - \log T_2)}$$

اس طرح p اور p_1 نیز T اور T_1 کی پیمائش تجربہ سے کر کے γ کی قیمت نکالی جا سکتی ہے۔

نوٹ۔ تجربوں سے ہوا کے لیے γ کی قیمت 1·4 نکلتی ہے۔

آواز کی رفتار سے γ کی قیمت، معلوم کرنا - یہ طریقہ اس اصول پر مبنی ہے کہ جب آواز ہوا میں (یا کسی گیس) میں فاصلہ طے کرتی ہے تو اس عمل میں اس کی موجوں کے ظہور میں آنے سے ہوا (یا گیس) میں جو حجم کی کمی بیشی مسلسل طور پر پیدا ہوتی رہتی ہے اس کی نوعیت حرارت ناگزار (Adiabatic) تبدیلی کی ہوتی ہے - اس طریقے کا خاص فائدہ یہ ہے کہ اس میں دباؤ اور ٹمپریچر کی پیمائشیں لینی نہیں پڑتیں - علاوہ ازیں اس طریقے سے جو نتائج نکلتے ہیں وہ بہت صحیح ہوتے ہیں -

اصول - نیوٹن نے نظری طور پر (Theoretically) ثابت کیا تھا کہ اگر کسی گیس میں آواز کی رفتار V ہو ، گیس کی حرارت ناگزار لچک E (Adiabatic elasticity) ہو اور اس کی کثافت p (Density) ہو تو

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

اب حرارت ناگزار تبدیلیوں کے لیے

$$pv^{\gamma} = \text{مستقل}$$

اس پر تفرق عمل (Differentiation) کرنے سے

$$v^{\gamma}dp + p\gamma v^{\gamma-1}dv = 0$$

$$\text{یا} \quad p\gamma v^{\gamma-1}dv = -v^{\gamma}dp$$

$$\text{یا} \quad \gamma p dv = -v dp$$

$$\text{یا} \quad \gamma p = -v\frac{dp}{dv} = \frac{dp}{\frac{-dv}{v}}$$

$$\text{یا} \quad \gamma p = \frac{dp}{-\frac{dv}{v}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

اب dp زور (Stress) ہے اور $-\frac{dv}{v}$ بگاڑ (Strain) ہے اور چونکہ

$$\text{لچک} = \frac{\text{زور}}{\text{بگاڑ}}$$

$$\therefore \quad E = \frac{dp}{-\frac{dv}{v}}$$

اسے (*ii*) میں شامل کرنے سے

$$E = \gamma p \ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

(*iii*) کو (*i*) میں شامل کرنے سے

$$V = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$$

چونکہ ہوا (یا گیس) کی کثافت ρ نقشے سے پڑھی جا سکتی ہے اور p بیرومیٹر کے ذریعے معلوم ہو جاتا ہے، اس لیے اگر ہوا (یا گیس) میں آواز کی رفتار تجربے سے دریافت کر لی جائے تو اوپر کے کلیے سے γ کی قیمت معلوم ہو جاتی ہے ۔ ہوا یا کسی دی ہوئی گیس میں آواز کی رفتار کو معلوم کرنے کا ایک طریقہ کنڈز نلی (Kundt's tube) کا ہے جس کی تفصیل آواز (Sound) کی کتابوں میں ملتی ہے ۔ چنانچہ جب اس طریقے سے دی ہوئی گیس میں آواز کی رفتار V کی قیمت دریافت کر لی جاتی ہے تو اوپر کے کلیے سے γ کی قیمت نکل آتی ہے ۔

حسابی مثالیں

Example 1. Dry air enclosed at 0°C and atmospheric pressure is suddenly compressed to half its volume. Determine the resulting temperature ($\gamma = 1{\cdot}4$).

محصور خشک ہوا پر ، جس کا ٹمپریچر 0°C اور ابتدائی دباؤ کرہ ہوائی کا ہے اچانک اتنا مزید دباؤ ڈالا جاتا ہے جس سے اس کا حجم نصف ہو جاتا ہے تو اس تبدیلی کے نتیجے میں اس کا ٹمپریچر کیا ہو جائے گا ۔ γ کی قیمت 1·4 ہے ۔

$$\text{گیس کا پہلا ٹمپریچر} = T_1 = 0 + 273 = 273°A$$

$$\text{گیس کا آخری ٹمپریچر} = T_2 = ?$$

$$\text{گیس کا پہلا حجم} = v_1$$

$$\text{گیس کا دوسرا حجم} = v_2 = \tfrac{1}{2} v_1$$

$$\gamma = 1{\cdot}4$$

$$\because \quad T_1 v_1^{\gamma-1} = T_2 v_2^{\gamma-1}$$

$$\therefore \quad T_2 = T_1\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\gamma-1} = T_1\left(\frac{v_1}{\frac{v_1}{2}}\right)^{\gamma-1}$$

$$= 273(2)^{1\cdot4-1}$$

$$\text{یا} \quad T_2 = 273(2)^{0\cdot4} =$$

$$\therefore \quad \log T_2 = \log (273)\,(2)^{0\cdot4}$$

$$= \log 273 + 0{\cdot}4 \log 2$$

$$= 2{\cdot}4362 + 0{\cdot}4 + {\cdot}3010$$

$$= 2{\cdot}5566$$

$$\therefore \quad T_2 = \text{Antilog } 2{\cdot}5566$$

$$= 360{\cdot}2°A - 360{\cdot}2 - 273$$

$$= 87{\cdot}2°C$$

Example 2. Dry air enclosed at 25°C and atmospheric pressure is suddenly compressed to half its volume. Determine the resulting pressure ($\gamma = 1{\cdot}4$).

محصور خشک ھوا پر، جس کا ابتدائی ٹمپریچر 25°C اور ابتدائی دباؤ کرہ ھوائی کا ھے، اچانک اتنا مزید دباؤ ڈالا جاتا ھے جس سے اس کا حجم نصف ھوتا ھے۔ تو اس تبدیلی کے نتیجے میں اس کا دباؤ کیا ھوگا۔ γ کی قیمت 1·4 ھے۔

گیس کا پہلا ٹمپریچر $= T_1 = 25 + 273 = 298°A$

گیس کا آخری ٹمپریچر $= T_2 = ?$

گیس کا پہلا حجم $= v_1$

گیس کا دوسرا حجم $= v_2 = \frac{1}{2} v_1$

گیس کا پہلا دباؤ $= p_1 =$ (کرہ ھوائی)

گیس کا دوسرا دباؤ $= p_2 = ?$

$$\gamma = 1{\cdot}4$$

$$\because \quad p_1 v_1^{\gamma} = p_2 v_2^{\gamma}$$

$$\therefore \quad p_2 = p_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\gamma} = p_1 \left(\ 2 \ \right)^{\gamma}$$

یا $p_2 = 1 + 2^{1{\cdot}4}$

$$\therefore \quad \log p_2 = \log 1 \times 2^{104}$$
$$= \log 1 + 1{\cdot}4 \log 2$$
$$= 0 + 1{\cdot}4 \times 0{\cdot}3010 = 0{\cdot}4214$$

$p_2 = \text{Antilog } 0{\cdot}4214 = 2{\cdot}636$ (کرہ ھوائی)

پس گیس کا دباؤ مذکورہ تبدیلی کے بعد بڑھ کر 2·636 کرہ ھوائی ھو جائے گا۔

Example 3. Calculate the rise in temperature when a gas ($\gamma = 1{\cdot}5$) is compressed to eight time its original pressure, assuming the initial temperature to be 37°C.

ایک گیس کا ابتدائی ٹمپریچر 27°C ہے ۔ اس کا دباؤ ابتدائی قیمت سے بڑھا کر آٹھ گنا کر دیا جاتا ہے تو اس کے ٹمپریچر میں کتنی زیادتی پیدا ہو جائے گی ۔ γ کی قیمت 1·5 ہے ۔

گیس کا پہلا ٹمپریچر $= T_1 = 27 + 273 = 300°A$

گیس کا دوسرا ٹمپریچر $= T_2 = ?$

گیس کا پہلا دباؤ $= p_1 = 1$

گیس کا دوسرا دباؤ $= p_2 = 8$

$$\gamma = 1·5$$

$$\because \quad \frac{p_1^{\gamma-1}}{T^{1\gamma}} = \frac{p_2^{\gamma-1}}{T_2^{\gamma}}$$

$$\therefore \quad \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{T_2}{T^1}\right)^{\gamma}$$

یا $(8)^{0·5} = \left(\frac{T_2}{300}\right)^{1·5}$

یا $\log \frac{(T_2)^{1·5}}{(300)^{1·5}} = \log (8)^{0·5}$

یا $1·5 \log T_2 - 1·5 \log 300 = 0·5 \log 8$

یا $1·5 \log T_2 = 0·5 \log 8 + 1·5 \log 300$

$$= 0·5 \times 9031 + 1·5 \times 2·4771$$

$$= 41672$$

یا $\log T_2 = 2·7781$

$$T_2 = \text{Antilog } 2·7781 = 529·8°A$$

$$= 529·8 — 273 = 326·8°C$$

ٹمپریچر کی زیادتی $= T_2 -- T_1 = 326·8°C - 27$

$$= 299·8°C$$

Example 4. Find the work done by 1 gram molecule of a perfect gas when it expands at constant temperature of 0°C to double its volume.

کامل گیس کے ایک گرام مالیکیول کو 0°C کے ٹمپریچر پر برقرار رکھ کر پھیلنے دیا جاتا ہے ۔ یہاں تک کہ اس کا حجم پہلے سے دگنا ہو جاتا ہے ۔ تو اس کا کیا جانے والا کام معلوم کرو ۔

v_1 = گیس کا پہلا حجم

$v_2 = 2v_1$ = گیس کا دوسرا حجم

$T = 0 + 273 = 273°A$ = گیس کا ٹمپریچر

چونکہ گیس کی مقدار ایک گرام مالیکیول ہے اس لیے

$$R = 8{\cdot}31 \times 10^7$$

چونکہ گیس ہم تپش طور پر پھیلی ہے اس لیے

$$W = RT \log \frac{v_2}{v_1}$$

$$= 8{\cdot}31 \times 10^7 + 273 \log 2$$

$$= 1{\cdot}57 \times 10^{10} \text{ ergs.}$$

Example 5. Find the work done, when one litre of neon gas originally at N.T.P. is adiabatically compressed to half its volume ($\gamma = 1{\cdot}67$).

نیون گیس کے ایک میٹر کو جو ابتدا میں نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ہے حرارت ناگزار طریق پر دبا کر نصف حجم تک لایا جاتا ہے تو اس پر کیے جانے والا کام معلوم کرو ۔ γ کی قیمت 1.67 ہے ۔

$T = 273°A$ = گیس کا پہلا ٹمپریچر

$T_1 = ?$ = گیس کا دوسرا ٹمپریچر

v = گیس کا پہلا حجم

$v_1 = \frac{1}{2}v$ = گیس کا دوسرا حجم

$$\gamma = 1{\cdot}67$$

$$\because \quad Tv^{\gamma-1} = T_1 v_1^{\gamma-1}$$

$$\therefore \quad v_1 = \frac{1}{2}v$$

$$\therefore \quad Tv^{\gamma-1} = T_1 \left(\frac{1}{2}v\right)^{\gamma-1}$$

یا $$T = T_1\left(\frac{1}{2}\right)^{\gamma-1}$$

یا $$T_1 = T \times 2^{\gamma-1} = 273 \times 2^{0{\cdot}67}$$

$$= 432{\cdot}7°A$$

چونکہ گیس کی مقدار ایک لیٹر ہے ۔ اس لیے کلیہ

$$W = \frac{R(T_1 - T)}{\gamma - 1}$$

میں R کی بجائے r کا استعمال کیا جائے گا جب کہ

$$r = \frac{R}{22{\cdot}4}$$

کیونکہ ایک گرام مالیکیول گیس کا حجم 22·4 ہوتا ہے اور مستقل R ایک گرام مالیکیول کے لیے اور r ایک لیٹر کے لیے ہے ۔ چونکہ R کی قیمت $8{\cdot}31 \times 10^7$ ہے ۔

$$\because \quad r = \frac{R}{22{\cdot}6} = \frac{8{\cdot}31 \times 10^7}{22{\cdot}6}$$

$$\therefore \quad W = \frac{r(T_1 - T)}{\gamma - 1}$$

$$= \frac{8{\cdot}31 \times 10^7}{22{\cdot}6} \times \frac{(432{\cdot}7 - 273)}{1{\cdot}67 - 1}$$

$= 8{\cdot}95 \times 10^8$ (ارگ)

Example 6. 50 gm. of hydrogen at 27°C undergoes an isothermal change so that its volume is doubled. Calculate the work done, given that $R=8{\cdot}26\times10^7$ erg/gm. mol.

50 گرام ہائیڈ روجن پر جس کا ٹمپریچر 27°C ہے ایک ہم تپش تبدیلی واقع ہوتی ہے جس سے اس کا حجم دگنا ہو جاتا ہے۔ اس میں کیے ہوئے کام کا حساب لگاؤ ۔ R کی قیمت $8{\cdot}26\times10^7$ ارگ فی گرام مالیکیول ہے ۔

ہائیڈروجن کا گرام مالیکیولی وزن $=2$

گرام مالیکیول کے لیے گیسی مستقل $=R=8{\cdot}26\times10^7$

1 گرام ہائیڈروجن کے لیے گیسی مستقل $=r=\dfrac{8{\cdot}26\times10^7}{2}=4{\cdot}13\times10^7$

1 گرام ہائیڈروجن کا پہلا حجم $=v_1$

1 گرام ہائیڈروجن کا دوسرا حجم $=v_2=2v_1$

ہائیڈروجن کا ٹمپریچر $=T=27+273=300°A$

اگر ایک گرام ہائیڈروجن پر ہم تپش تبدیلی کے ماتحت اس کے حجم کو v_1 سے v_2 میں تبدیل کرنے میں کیا جانے والا کام W ہو جب کہ $v_2=2v_1$ تب

$$W=\gamma T\log_e\frac{v_2}{v_1}$$

$$=2{\cdot}3\gamma T\log10\frac{v_2}{v_1}$$

$$=2{\cdot}3\times4{\cdot}13\times10^7\times300\log\frac{2v_1}{v_1}$$

$$=2{\cdot}3\times4{\cdot}13\times10^7\times300\log 2$$

پس ان حالات میں 50 گرام ہائیڈروجن پر کیا جانے والا کام

$$=50\times2{\cdot}3\times4{\cdot}13\times10^7\times30\log 2$$

$=4{\cdot}29\times10^{11}$ (ارگ)

Example 7. 200 cc. of a gas is compressed to 100 c.c. at the atmospheric pressure (10^6 dynes per sq. cm.). Find the resultant pressure, if the change is (*a*) slow (*b*) sudden. $\gamma=1{\cdot}4$.

ایک گیس کے 200 مکعب سنٹی میٹر کو جس کا دباؤ ایک کرہ ہوائی یعنی 10^6 ڈائن فی مربع سنٹی میٹر ہے، دباؤ بڑھا کر 100 مکعب سنٹی میٹر کر دبا دیا جاتا ہے۔ تو یہ دوسرا دباؤ جو اس تبدیلی کے نتیجے میں پیدا ہو رہا ہو معلوم کرو۔

(i) جب تبدیلی آہستہ ہو

(ii) جب تبدیلی دفعۃً ہو۔

گیس کا پہلا دباؤ $=p_1=1$ (کرہ ہوائی)

گیس کا دوسرا دباؤ $=p_2=?$

گیس کا پہلا حجم $=v_1=200$ c.c.

گیس کا دوسرا حجم $=v_2=100$ c.c.

$$\gamma=1{\cdot}4$$

(*i*) جب تبدیلی آہستہ ہو تو وہ ہم تپش ہوتی ہے اس لیے اس صورت میں

$$p_1v_1=p_2v_2$$

$$\therefore\quad 1\times 200=p_2\times 100$$

یا $p_2=2$ (کرہ ہوائی)

(*ii*) جب تبدیلی دفعۃً ہو تو وہ حرارت ناگزار ہوتی ہے۔ اس لیے اس حالت میں

$$p_1v_1^{\gamma}=p_2v_2^{\gamma}$$

یا $\dfrac{p_2}{p_1}=\left(\dfrac{v_1}{v_2}\right)$

$$\because\quad \frac{p_2}{1}=\left(\frac{200}{100}\right)$$

$$p_2 = (2)^\gamma$$ یا

$$\log p_2 = \gamma \log 2 = 1{\cdot}4 \log 2$$ یا

$$\therefore \quad p_2 = 2{\cdot}638$$ (کرہ ھوائی)

Example 8. In the above example (No. 7), calculate the temperature during the adiabatic change.

اوپر کی مثال (نمبر 7) میں حرارت ناگزار تبدیلی کے بعد کا ٹمپریچر دریافت کرو۔

پہلا ٹمپریچر $= T_1 = 300$

دوسرا ٹمپریچر $= T_2 = ?$

گیس کی عام مساوات کے مطابق

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2}$$

چونکہ حرارت ناگزار تبدیلی کے بعد مثال نمبر 7 کے مطابق دباؤ p_2 کی قیمت 2·638 کرہ ھوائی ھو جاتی ھے اس لیے

$$\frac{1 \times 200}{300} = \frac{2{\cdot}638 \times 100}{T_2}$$

$$\therefore \quad T_2 = \frac{300 \times 2{\cdot}638 \times 100}{200} = 395{\cdot}7^\circ A$$

$$= 395{\cdot}7 - 273 = 122{\cdot}7^\circ C$$

Example 9. In the above example (No 7) calculate the work done on the gas in each of these changes.

اوپر کی مثال (نمبر 7) میں دونوں تبدیلیوں میں سے ھر ایک میں گیس پر کیا جانے والا کام معلوم کرو۔

فرض کیجیے کہ گیس پر کیا جانے والا کام W ھے -

(*i*) جب گیس پر تبدیلی ھم تپش ھو تو

$$W = \gamma T \log_e \frac{v_2}{v_1}$$

$$= 2{\cdot}3\ \gamma T \log_{10} \frac{v_2}{v_1}$$

$\because \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}$

$\therefore \quad W = 2{\cdot}3\ \gamma T \log_{10} \frac{1}{2}$

$\because \quad p_1 v_1 = \gamma T$

$\therefore \quad \gamma T = 10^6 \times 200$

$\therefore \quad W = 2{\cdot}3 \times 10^6 \times 200 \log \frac{1}{2}$

$= 13{\cdot}84 \times 10^7$ ergs

جب گیس پر تبدیلی حرارت ناگزار ہو تو *(ii)*

$$W = \frac{1}{\gamma - 1}(p_2 v_2 - p_1 v_1)$$

$\because \quad p_1 = 10^6$ dynes/cm.^{2}

$p_2 = 2{\cdot}638 \times 10^6$

$v_1 = 200$ c.c.

$v_2 = 100$ c.c.

$\gamma = 1{\cdot}4$

$$\therefore \quad W = \frac{1}{1{\cdot}4 - 1}(2{\cdot}638 \times 10^6 \times 100 - 10^6 \times 100)$$

$$= \frac{1}{0{\cdot}4} \times 63{\cdot}8 \times 10^6$$

$= 15{\cdot}95 \times 10^7$ ergs

Example 10. Calculate the rise in temperature, when a gas for which $\gamma = 1{\cdot}5$ is compressed to 8 times its orignial pressure assuming the initial temperature to be 27°C.

ایک گیس پر ابتدائی دباؤ سے 8 گنا زیادہ دباؤ ڈالنے سے اس کے ٹمپریچر کی زیادتی دریافت کرو - گیس کے لیے γ کی قیمت 1·5 ہے اور اس کا ابتدائی ٹمپریچر 27°C ہے -

پہلا دباؤ $= P_1$

پہلا ٹمپریچر $= T_1 = 27 + 273 = 300°A$

دوسرا دباؤ $= P_2 = 8P_1$

دوسرا ٹمپریچر $= T_2 = ?$

$$\gamma = 1{\cdot}5 = \tfrac{3}{2}$$

$$\because \quad T_1^{\gamma} P^{1-\gamma} = T_2^{\gamma} P_2^{1-\gamma}$$

$$\therefore \quad \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1-\gamma}$$

یا $\left(\frac{300}{T_2}\right)^{\frac{3}{2}} = (8)^{-\frac{1}{2}}$

یا $\left(\frac{T_2}{300}\right)^{\frac{3}{2}} = (8)^{\frac{1}{2}}$

مربع لینے سے

$$\left(\frac{T_2}{300}\right)^{3} = 8 = (2)^3$$

جذر مکعب لینے سے

$$\frac{T_2}{300} = 2$$

$$\therefore \quad T_2 = 600°A = 600 - 273 = 327°C$$

$$\because \quad T_1 = 27°C$$

$\therefore$ ٹمپریچر کی زیادتی $= 327 - 27 = 303°C$

Example 11. Calculate the final temperature when a given mass of a gas at 0°C is suddenly compressed to a pressure 20 times the initial pressure, $\gamma = 1{\cdot}42$

کسی دی ہوئی کمیت کی گیس پر ، جس کا ابتدائی ٹمپریچر 0°C ھے ، ابتدائی دباؤ سے دفعۃً 20 گنا زیادہ دباؤ ڈال دیا جاتا ھے تو اس کا آخری ٹمپریچر معلوم کرو ۔ گیس کے لیے γ کی قیمت 1·42 ھے۔

$$\text{ابتدائی دباؤ} = P_1$$

$$\text{ابتدائی ٹمپریچر} = T_1 = 0 + 273 = 273°A$$

$$\text{آخری دباؤ} = P_2 = 20\ P_1$$

$$\text{آخری ٹمپریچر} = T_2$$

$$\gamma = 1{\cdot}42$$

$$\therefore \quad T_1^{\gamma} P_1^{1-\gamma} = T_2^{\gamma} P_2^{1-\gamma}$$

$$\therefore \quad \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1-\gamma}$$

یا

$$\left(\frac{273}{T_2}\right)^{1{\cdot}42} = (20)^{1-1{\cdot}42}$$

$$\therefore \quad 1{\cdot}42 \log 273 - 1{\cdot}42 \log T_2 = -0{\cdot}42 \log 20$$

یا

$$1{\cdot}42 \log T_2 = 1{\cdot}42 \log 273 + 0{\cdot}42 \log 20$$

$$= 4{\cdot}005824$$

یا

$$\log T_2 = 2{\cdot}8210$$

$$\therefore \quad T_2 = 662{\cdot}2°A$$

$$= 662{\cdot}2 - 273 = 389{\cdot}2°C$$

Example 12. A certain volume of dry air at N.T.P. is expanded to three times its volume under (*a*) isothermal conditions (*b*) adiabatic conditions. Calculate in each case the final pressure and temperature.

نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ایک خاص حجم کی خشک ہوا کو (*i*) ہم تپش طریقے سے اور (*ii*) حرارت ناگزار طریقے سے

پھیلنے دیا جاتا ھے جس سے اس کا حجم تین گنا ھو جاتا ھے تو ھر حالت میں آخری دباؤ اور ٹمپریچر معلوم کرو - ھوا کے لیے γ کی قیمت 1·4 ھے۔

(*i*) جب تبدیلی ھم تپش ھو تو ابتدائی ٹمپریچر ، جو 0°C یعنی 273°A ھے ، آخر تک برابر قائم رھتا ھے یعنی آخری ٹمپریچر بھی یہی ھوتا ھے -

ابتدائی دباؤ $=P_1=76$ cms.

ابتدائی حجم $=V_1$

آخری دباؤ $=P_2$

آخری حجم $=V_2=3V_1$

$$\because \quad P_1V_1=P_2V_2$$

$$76\times V_1=P_2\times 3V_1$$

$$\therefore \quad P_2=\tfrac{76}{3}=25\cdot33 \text{ cms.}$$

(*ii*) جب تبدیلی ناگزار ھو تو

ابتدائی دباؤ $=P_1=76$ cms.

ابتدائی حجم $=V_1$

ابتدائی ٹمپریچر $=T_1$

آخری دباؤ $=P_2$

آخری حجم $=V_2=3V_1$

آخری ٹمپریچر $=T_2$

$$\gamma=1\cdot4$$

آخری دباؤ معلوم کرنے کے لیے

$$\because \quad P_1V_1^{\gamma}=P_2V_2^{\gamma}$$

$$\therefore \quad 76\times V_1^{\gamma}=P_2\times(3V_1)^{\gamma}$$

یا

$$76=P_2\times(3)^{1\cdot4}$$

$$\therefore \quad \log 76=\log P_2+1\cdot4\log 3$$

یا $\log P_2 = \log 76 - 1{\cdot}4 \log 3$

$= 1{\cdot}8808 - 1{\cdot}4 \times 0{\cdot}4771$

$= 1{\cdot}2129$

$\therefore \quad P = 16{\cdot}32$ cms.

آخری ٹمپریچر معلوم کرنے کے لیے

$\because \quad TV_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$

$\therefore \quad 273 \times (V_1)^{0{\cdot}4} = T_2(3V_1)^{0{\cdot}4}$

یا $273 = T_2(3)^{0{\cdot}4}$

$\therefore \quad \log 273 = \log T_2 + 0{\cdot}4 \log 3$

یا $\log T_2 = \log 273 - 0{\cdot}4 \log 3$

$= 2{\cdot}4362 - 0{\cdot}4 \times 0{\cdot}4771$

$= 0{\cdot}2454$

$\therefore \quad T_2 = 176°A = 176 - 273$

$= -97°C$

Example 13. A sound wave passing through air at normal temperature and pressure, produces a pressure variation of ·001 dyne per sq.cm. during a condensation. Find the correspending change of temperature. Consider the air as a perfect gas for which the ratio of specific heat is 1·5.

نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر آواز کی ایک موج ہوا میں سے گزرتی ہے ۔ اگر ایک پچکاؤ کے دوران میں دباؤ کی تبدیلی بقدر 0·001 ڈائن فی مربع سنٹی‌میٹر ہو تو اس کے نتیجے میں پیدا ہونے والی ٹمپریچر کی تبدیلی معلوم کرو ۔ ہوا کو ایک کامل گیس تسلیم کرو جس کے لیے حرارت مخصوصہ کی نسبت 1·5 ہے ۔

نارمل دباؤ $= P = 76 \times 13{\cdot}6 \times 981$ dynes/sq. cm.

پچکاؤ پر دباؤ $= P + 0{\cdot}001$

نارمل ٹمپریچر $= T = 273°A$

ٹمپریچر میں زیادتی $= x$

پچکاؤ پر ٹمپریچر $= T + x$

حرارت مخصوصہ کی نسبت $= \gamma = 1{\cdot}5$

$\therefore$ $T^{\gamma}P^{1-\gamma} =$ مستقل

$$\therefore \quad T^{\gamma}P^{1-\gamma} = (T+x)^{\gamma}(P+0{\cdot}001)^{1-\gamma}$$

یا
$$\left(\frac{T+x}{T}\right)^{\gamma} = \left(\frac{P}{P+0{\cdot}001}\right)^{1-\gamma}$$

یا
$$\left(\frac{T+x}{T}\right)^{\gamma} = \left(\frac{P \times 0{\cdot}001}{P}\right)^{\gamma-1}$$

یا
$$\left(1+\frac{x}{T}\right)^{\frac{3}{2}} = \left(1+\frac{0{\cdot}001}{P}\right)^{\frac{1}{2}}$$

یا
$$1+\tfrac{3}{2}\times\frac{x}{T}+\ldots\ldots = 1+\tfrac{1}{2}\times\frac{0{\cdot}001}{P}+\ldots\ldots$$

یا
$$\frac{3x}{2T} = \frac{0{\cdot}001}{2P}$$

یا
$$x = \frac{2T \times 0{\cdot}001}{6P}$$

$$= \frac{2 \times 273 \times 0{\cdot}001}{6 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 981}$$

$$= 9 \times 10^{-8}°C$$

Example 14. A gram molecule of a gas at 127°C expands isothermally until its volume its doubled. Find the amount of work done and heat absorbed.

ایک گیس کا ایک گرام مالیکیول جس کا ٹمپریچر 127°C ہے ، حرارت ناگزار طریقے پر پھیلتا ہے ، یہاں تک کہ اس کا حجم دگنا ہوجاتا ہے۔ تو اس پر کیا جانے والا کام اور اس میں جذب ہونے والی حرارت معلوم کرو۔

گیس کا ٹمپریچر $= T = 127 + 273 = 400°A$

گیس کا ابتدائی حجم $= v_1$

گیس کا آخری حجم $= v_2 = 2v_1$

گیسی مستقل $= R = 8{\cdot}3 \times 10^7$ ergs

کیا جانے والا کام $= W$

جذب ہونے والی حرارت $= H$

$$\because \quad W = RT \log_e \frac{V_2}{V_1}$$

$$= 2{\cdot}3 \ RT \log_{10} \frac{2V_1}{V_1}$$

$$= 2{\cdot}3 \times 8{\cdot}3 \times 10^7 \times 400 \times \log 2$$

$$= 2{\cdot}3 \times 8{\cdot}3 \times 10^7 \times 400 \times 0.3010$$

$$= 2{\cdot}3 \times 10^{10} \text{ ergs}$$

$$H = \frac{W}{J} = \frac{2{\cdot}3 \times 10^{10}}{4{\cdot}2 \times 10^7} = 548 \text{ cals.}$$

سوالات

Q. 1. Establish the relation between the two specific heats of a gas and the gas constant.

ایک گیس کی دونوں حرارت مخصوصہ اور گیسی مستقل کے درمیان تعلق قائم کرو۔

Q. 2. Show that the difference between the two specific heats of a gas is equal to the gas constant.

ثابت کیجیے کہ ایک گیس کی دو حرارت مخصوصہ کا فرق گیسی مستقل کے برابر ہوتا ہے۔

Q. 3. Distinguish between isothermal and adiabatic changes. Show that the adiabatic is steeper than the isothermal.

ہم تپش اور حرارت ناگزار تبدیلیوں میں تمیز کرو ۔ ثابت کرو کہ گراف میں حرارت ناگزار خط ہم تپش خط سے زیادہ مائل بہ بلندی ہوتا ہے ۔

Q. 4. What do you undertand by adiabatic change ? Derive the gas equation between pressure and volume in the case of the adiabatic change.

حرارت ناگزار تبدیلی سے کیا مراد ہے ؟ حرارت ناگزار تبدیلی کے لیے گیسی مساوات اخذ کرو جو اس کے دباؤ اور حجم کے درمیان تعلق ظاہر کرے ۔

Q. 5. Obtain an expression for the work done by a gas, when it expands isothermally.

ایک گیس کے کیے جانے والے کام کو ظاہر کرنے کے لیے ایک کلیہ حاصل کرو جب کہ وہ گیس ہم تپش طریقے سے پھیل رہی ہو ۔

Q. 6. Prove the equation

$$PV^{\gamma} = \text{Constant}$$

for the adiabatic change, occurring in a gas.

ایک گیس میں پیدا ہونے والی حرارت ناگزار تبدیلی کے لیے ذیل کی مسادات کو ثابت کرو :

$$PV^{\gamma} = \text{مستقل}$$

Q. 7. Deduce an expression for the work done by a gas, when it expands adiabatically.

ایک گیس کے کیے جانے والے کام کو ظاہر کرنے کے لیے ایک کلیہ اخذ کرو جب کہ وہ حرارت ناگزار طریقے سے پھیل رہی ہو ۔

Q. 8. Prove that the adiabatic elasticity of a gas is γ times its isothermal elasticity.

ثابت کرو کہ ایک گیس کی حرارت ناگزار لچک اس کی ہم تپش لچک کا γ گنا ہوتی ہے ۔

Q. 9. Describe Clement Desormes' method for determining the ratio between the two specific heats of a gas.

ایک گیس کی دونوں حرارت مخصوصہ کی باہمی نسبت کو معلوم کرنے کے لیے کلیاں دیزارمی کا طریقہ بیان کرو ۔

Q. 10. What are the defects in Clement Desormes' methods for finding out the value of γ ? How were they removed by Partington in his modified method ?

γ کی قیمت معلوم کرنے کے لیے کلیاں دیزارمی کے طریقے میں کیا خامیاں ھیں ؟ انھیں پارٹنگٹن نے اپنے ترمیم یافتہ طریقے میں کس طرح دور کیا ؟

چھٹا باب

گیسوں کا حرکتی نظریہ

(KINETIC THEORY OF GASES)

دنیا میں ہر شے خواہ وہ ٹھوس ہو یا مائع ہو یا گیس ہو ، چھوٹے چھوٹے ذرات کا مجموعہ ہوتی ہے جنہیں سالمے یا مالیکیول (Molecules) کہتے ہیں ۔ ایک مالیکیول کی تعریف یوں کی جاتی ہے کہ **کسی شے کا مالیکیول اس شے کا وہ چھوٹے سے چھوٹا ذرہ ہے جس میں اس شے کی تمام خاصیتیں پائی جاتی ہیں** ۔ یہ مالیکیول متواتر حرکت میں رہتے ہیں اور ان کی حرکت کی رفتار کا مدار اس شے کے ٹمپریچر پر ہوتا ہے ۔ چنانچہ ٹمپریچر کے زیادہ ہونے پر یہ رفتار بڑھ جاتی ہے اور ٹمپریچر کے کم ہو جانے پر گھٹ جاتی ہے ۔ ٹھوس شے کے مالیکیول بہت قریب قریب ہوتے ہیں ۔ اس سے ان کے درمیان **اتصال** (Cohesion) **کی قوت** بہت بڑھی ہوئی ہوتی ہے ۔ وہ آزادانہ طور پر گھوم پھر نہیں سکتے بلکہ اپنی اوسط پوزیشن کے گرد محض تھرتھراتے رہتے ہیں ۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ ہر ٹھوس شے کی ایک واضح شکل اور اس کا ایک واضح حجم ہوتا ہے ۔

ٹھوس کے مالیکیولوں کے مقابلے میں مائع کے مالیکیول اتنے قریب قریب نہیں ہوتے ، اس لیے ان کے درمیان اتصال کی کشش کی قوت نسبتاً کم ہوتی ہے ۔ یہ مالیکیول مائع کے اندر تو گھومنے پھرنے میں آزاد ہوتے ہیں لیکن وہ عام طور پر مائع کی سطح کو چھوڑ کر بڑی تعداد میں باہر نہیں جا سکتے ۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ مائع کا ایک واضح حجم تو ہوتا ہے مگر اس کی کوئی واضح شکل نہیں ہوتی ۔ گیس کے مالیکیولوں میں اتصال کی یہ قوت قریباً معدوم ہوتی ہے ۔ اس لیے یہ مالیکیول ہر

طرف گھومنے پھرنے میں بالکل آزاد ہوتے ہیں - اس کا نتیجہ یہ ہے کہ گیس کی نہ کوئی واضح شکل ہوتی ہے اور نہ اس کا کوئی واضح حجم ہوتا ہے -

گیس کے مالیکیول - گیس کے اندر اس کے مالیکیول نسبتاً کھلی جگہوں میں کافی تیز رفتار کے ساتھ ادھر آدھر گھومتے پھرتے رہتے ہیں - چنانچہ ان کی رفتار ایک میل فی سیکنڈ ہوتی ہے - ایک مالیکیول قریباً اس رفتار کے ساتھ ابتدا میں ایک قلیل سا فاصلہ خط مستقیم میں طے کرتا ہے یہاں تک کہ اس کا تصادم (Collision) ایک اور مالیکیول کے ساتھ ہو جاتا ہے جس کے بعد وہ دونوں مالیکیول اپنے پہلے راستے سے ہٹ جاتے اور نئے راستے اختیار کر لیتے ہیں - یہ صورت حال گیس کے تمام مالیکیولوں پر صادق آتی ہے جس کے باعث ان میں ایک مسلسل ہیجان پایا جاتا ہے - ایک مالیکیول پہلے تصادم (Collision) سے لے کر دوسرے تصادم تک جو راستہ خط مستقیم میں طے کرتا ہے اسے **آزاد راستہ** (Free path) کہتے ہیں - یہ راستہ ہر مالیکیول کے لیے لمبائی میں الگ الگ ہوتا ہے اور ایک خاص وقت میں اتفاقیہ طور پر کسی مالیکیول کے لیے لمبا اور کسی اور مالیکیول کے لیے چھوٹا ہو جاتا ہے - لیکن اگر تمام مالیکیولوں کے ایسے آزاد راستوں کی اوسط نکالی جائے تو ایک خاص ٹمپریچر پر وہ قریباً مستقل رہتی ہے - اسے **اوسط آزاد راستہ** (Mean free path) کہتے ہیں - ریاضی کی رو سے اگر ایک خاص وقت میں مالیکیولوں کے درمیان N تصادم واقع ہوں ، ان تصادموں کے دوران میں کل طے کردہ فاصلہ S ہو ، اور اوسط آزاد راستہ λ ہو تو

$$\lambda = \frac{S}{N}$$

اوسط آزاد راستے کی مزید تفصیل آگے آئے گی -

جہاں تک ان مالیکیولوں کی رفتار کا تعلق ہے ایک خاص وقت میں ایک مالیکیول کی رفتار کسی دوسرے مالیکیول کی رفتار سے بہت مختلف ہوسکتی ہے - نیز ہر مالیکیول کی رفتار بھی تصادم کے ساتھ بدل جاتی ہے -

لیکن جب گیس کے تمام مالیکیولوں کو زیر غور لایا جائے تو ان سب کی اوسط رفتار ایک خاص ٹمپریچر پر قریباً مستقل رہتی ہے۔

حرکتی نظریے کے مفروضے ۔ گیسوں کے حرکتی نظریے (Kinetic theory) کی بنا مندرجہ ذیل مفروضوں پر ہے جنھیں پہلے پہل ایک سائنس دان **کلاسیئس** (Clausius) نے پیش کیا تھا۔

۱۔ گیس کے مالیکیول کامل لچک دار، ٹھوس اور مضبوط گولوں کی طرح کے ہوتے ہیں جو ہر لحاظ سے ایک دوسرے کے ساتھ مشابہت رکھتے ہیں ۔ ان کا سائز البتہ ان کے درمیانی فاصلوں کے مقابلے میں بے حد خفیف اور نظر انداز کرنے کے قابل ہوتا ہے۔

۲ ۔ تمام مالیکیول متواتر اور مختلف اطراف میں پیہم حرکت میں ہوتے ہیں اور مختلف اطراف میں مختلف رفتاروں کے ساتھ متحرک رہتے ہیں۔ اس وجہ سے پوری گیس کے مالیکیولوں میں ایک مستقل ہیجان کی کیفیت پائی جاتی ہے۔

۳ ۔ اپنی حرکت کے دوران یہ مالیکیول آپس میں ٹکراتے ہیں۔ نیز وہ گیس کے برتن کی دیواروں سے بھی ٹکر کھاتے ہیں۔ ہر ٹکر یا تصادم (Collision) کے وقت ان کی رفتار، مقدار اور سمت دونوں میں تبدیل ہوتی جاتی ہے۔ البتہ جب گیس برقرار (Steady) حالت میں ہو تو ان تصادموں کا کچھ اثر گیس کی مالیکیولی کثافت پر نہیں ہوتا۔ دوسرے لفظوں میں اس کے معنی یہ ہیں کہ گیس کے مالیکیولوں کی تعداد فی اکائی حجم ایک ہی رہتی ہے۔

۴۔ مالیکیولوں کے باہمی تصادم کامل لچک دار ہوتے ہیں اور مالیکیولوں کے درمیان کشش یا دفع کی قوتیں عملی طور پر نابود ہوتی ہیں۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ گیس کی ساری توانائی حرکتی (Kinetic) ہوتی ہے۔

۵۔ تصادم کا عرصہ اس وقت کی نسبت جس میں مالیکیول آزادانہ حرکت کرتا ہے، بے حد قلیل اور نظر انداز کرنے کے قابل ہوتا ہے۔

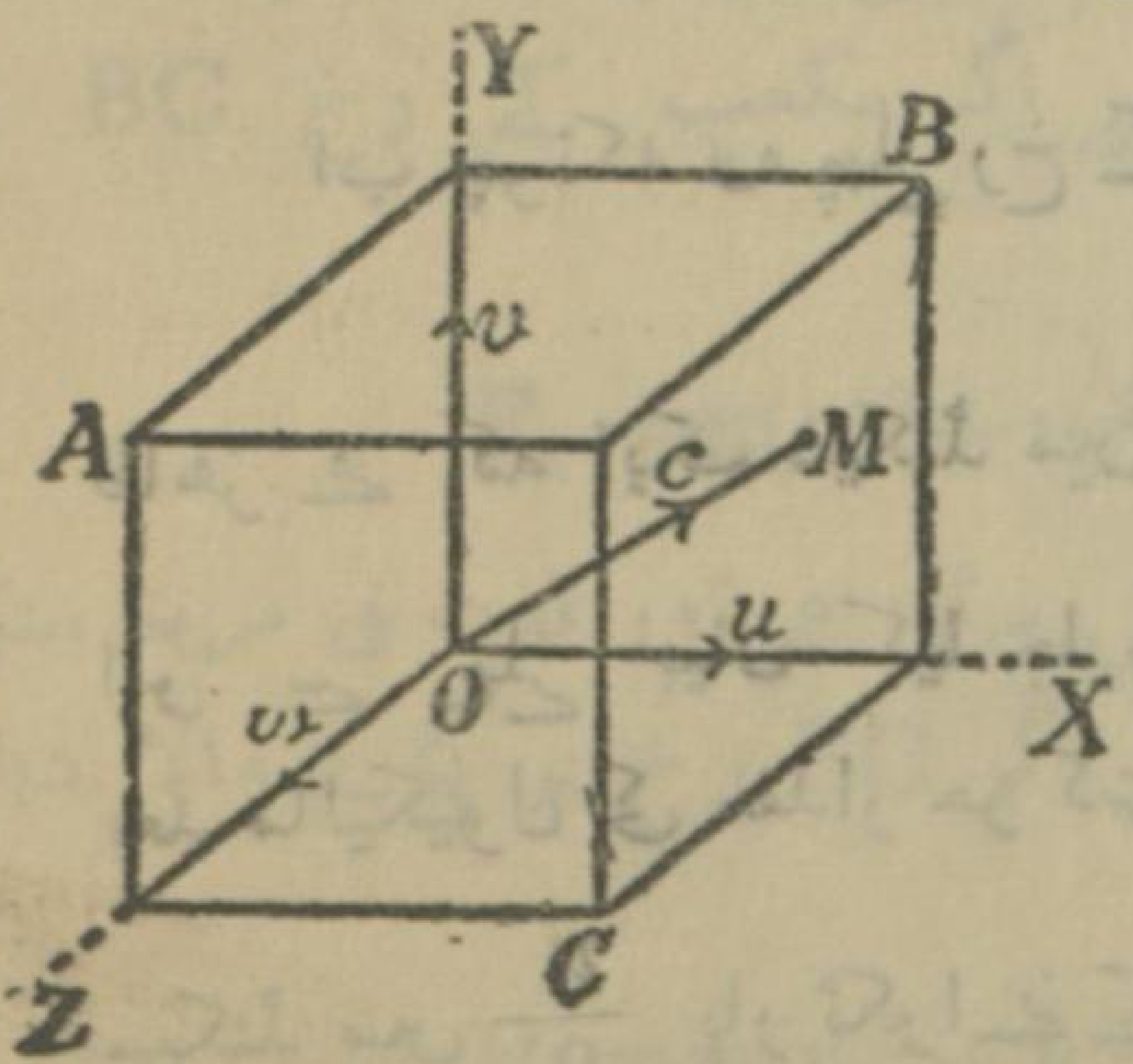
۶ - ہر دو تصادموں (Collisions) کے درمیان مالیکیول یکساں رفتار سے خط مستقیم میں حرکت کرتے ہیں۔

ان تمام مفروضوں کی بنا پر گیسوں کی حرکتی توانائی کا جو نظریہ استوار کیا گیا ہے، وہ اپنے آپ میں مکمل ہے کیونکہ اس کے ذریعے گیسوں کی تمام بڑی بڑی خاصیتیں اخذ کی جا سکتی ہیں۔

گیس کا دباؤ - گیس کے اندر اس کے مالیکیول پیہم حرکت میں ہوتے ہیں اور وہ نہ صرف آپس میں متصادم ہوتے ہیں بلکہ گیس جس برتن میں بند ہوتی ہے، اس کی دیواروں کے ساتھ بھی مسلسل ٹکراتے ہیں۔ چونکہ دیواروں سے ٹکرانے والے ان مالیکیولوں کی تعداد بے انتہا زیادہ ہوتی ہے اس لیے دیواروں پر ایک قوت برابر عمل کرتی رہتی ہے۔ یہی قوت فی اکائی رقبہ گیس کا دباؤ (Pressure) کہلاتی ہے۔

گیسوں کے حرکتی نظریے (Kinetic theory) کی بنا پر اس دباؤ کی قیمت ذیل کے طریقے سے نکلتی ہے۔

فرض کیجیے کہ ایک سنٹی میٹر ضلع کے ایک مکعب (Cube) کے اندر ایک مثالی گیس (Ideal gas) محصور ہے۔ اس مکعب میں تین محور OX ، OY اور OZ اس کے تین ضلعوں کے متوازی لیے گئے ہیں۔ اگر ایک خاص مالیکیول کی رفتار ایک خاص لمحے میں C ہو اور اسے OM سے تعبیر کیا جائے تو یہ رفتار تین جزوی رفتاروں u ، v اور w میں تحلیل کی جا سکتی ہے جب کہ یہ جزوی رفتاریں بالترتیب OX ، OY اور OZ کے متوازی ہوں۔



اب اگر m کمیت کا ایک مالیکیول رفتار u کے ساتھ محور OX کے متوازی جا رہا ہو تو مکعب کے BC رخ کے ساتھ ٹکرا کر وہ اسی رفتار

سے اُلٹی سمت میں واپس ہو جائے گا ۔ چنانچہ BC کی طرف جاتے ہوئے اس کی مقدار حرکت (Momentum) mu ہو گی اور BC سے ٹکرانے کے بعد واپس آتے ہوئے یہ مقدار حرکت (رفتار کی سمت کے بدل جانے کے باعث) $-mu$ ہو جائے گی ۔ اس طرح ٹکراؤ کے بعد مقدار حرکت کی تبدیلی $mu-(-mu)$ یعنی $2mu$ ہو گی ۔ یہ مالیکیول 1 سنٹی میٹر فاصلہ طے کرنے کے بعد دوسرے رخ سے ٹکرا کر واپس ہو گا اور مزید 1 سنٹی میٹر فاصلہ طے کرنے کے بعد دوبارہ پہلے رخ کے ساتھ ٹکرائے گا ۔ دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ پہلے رخ BC کے ساتھ ایک بار ٹکرانے کے بعد 2 سنٹی میٹر کا فاصلہ طے کر کے یہ دوبارہ اسی رخ کے ساتھ ٹکرائے گا ۔ چونکہ مالیکیول کی رفتار u سنٹی میٹر فی سیکنڈ ہے جس سے مراد یہ ہے کہ یہ u سنٹی میٹر کا فاصلہ ایک سیکنڈ میں طے کرتا ہے ، اس سے ظاہر ہے کہ یہ 1 سنٹی میٹر کا فاصلہ $\frac{1}{u}$ سیکنڈ میں اور 2 سنٹی میٹر کا فاصلہ $\frac{2}{u}$ سیکنڈ میں طے کرے گا اور اس وجہ سے وہ پہلے رخ کے ساتھ پھر $\frac{2}{u}$ سیکنڈ کے بعد ٹکرائے گا ۔

اب چونکہ وہ پہلے رخ کے ساتھ $\frac{2}{u}$ سیکنڈ کے بعد ٹکراتا ہے اس سے ظاہر ہے کہ ایک سیکنڈ میں وہ $\frac{u}{2}$ بار اس رخ کے ساتھ ٹکرائے گا ۔ اس سے پہلے بیان کیا جا چکا ہے کہ پہلے رخ سے ایک بار ٹکرانے کے بعد مالیکیول کی مقدار حرکت میں $2mu$ کی تبدیلی آتی ہے ۔ اس لیے ایک سیکنڈ میں $\frac{u}{2}$ بار ٹکرانے کے بعد مالیکیول کی مقدار حرکت (Momen-tum) کی کل تبدیلی

$$=2mu\times\frac{u}{2}=mu^2$$

فرض کیجیے کہ مکعب مذکور میں کل n مالیکیول ھیں اور ان میں

سے ایک مالیکیول کی رفتار C_1 ھے جسے تینوں محوروں OX ، OY اور OZ کے ساتھ u_1 ، v_1 اور w_1 میں تحلیل کیا جا سکتا ھے ۔ تب

$$C_1^2 = u_1^2 + v_1^2 + w_1^2$$

اسی طرح دوسرے مالیکیول کی رفتار C_2 ھے جس کے اجزا u_2 ، v_2 اور w_2 ھیں ۔ تب

$$C_2^2 = u_2^2 + v_2^2 + w_2^2$$

تیسرے مالیکیول کی رفتار C_3 ھے جس کے اجزا u_3 ، v_3 اور w_3 ھیں ۔ تب

$$C_3^2 = u_3^2 + v_3^2 + w_3^2$$

اور آخری مالیکیول کی رفتار C_n ھے جس کے اجزا u_n ، v_n اور w_n ھیں ۔ تب

$$C_n^2 = u_n^2 + v_n^2 + w_n^2$$

اس بحث سے ظاھر ھے کہ مکعب کے رخ BC پر جو جزوی رفتاریں عمل کر رھی ھیں وہ u_1 ، u_2 ، $u_3 \ldots\ldots\ldots u_n$ ھیں اور اس وجہ سے اس رخ کے ساتھ مالیکیولوں کے ٹکراؤ سے مقدار حرکت کی کل تبدیلی

$$= mu_1^2 + mu_2^2 + mu_3^2 \ldots\ldots\ldots mu_n^2$$

چونکہ ایک سیکنڈ میں مقدار حرکت کی تبدیلی نیوٹن کے دوسرے قانون کے باعث قوت کے برابر ھوتی ھے اس لیے اگر مکعب کے رخ BC پر قوت F_1 عمل کر رھی ھو تو

$$F_1 = m(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \ldots\ldots\ldots u_n^2)$$

چونکہ رخ BC کا رقبہ ایک مربع سنٹی میٹر ھے اور قوت فی مربع سنٹی میٹر دباؤ (Pressure) ھوتا ھے اس لیے اگر BC رخ پر پڑنے والا دباؤ P_1 ھو تو

$$P_1 = m(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \ldots\ldots\ldots u_n^2)$$

اسی طرح ثابت کیا جا سکتا ھے کہ اگر رخ ABEF پر پڑنے والا دباؤ P_2 اور رخ ADGF پر پڑنے والا دباؤ P_3 ھو تو

$$P_2 = m(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \ldots\ldots\ldots v_n^2)$$

$$P_3 = m(w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + \ldots\ldots\ldots w_n^2)$$

چونکہ کسی برتن میں محصور گیس چاروں طرف برابر برابر دباؤ ڈالتی ہے اس لیے اگر اس کا اوسط دباؤ P ہو تو

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3} = \tfrac{1}{3}P_1 + \tfrac{1}{3}P_2 + \tfrac{1}{3}P_3$$

$$\therefore \quad P = \tfrac{1}{3}\, m(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \ldots\ldots\ldots u^2_n)$$
$$+ \tfrac{1}{3}\, m(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \ldots\ldots\ldots v^2_n)$$
$$+ \tfrac{1}{3}\, m(w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + \ldots\ldots\ldots w^2_n)$$

یا

$$P = \tfrac{1}{3}m(u_1^2 + v_1^2 + w_1^2) + \tfrac{1}{3}m(u_2^2 + v_2^2 + w_2^2)$$
$$+ \tfrac{1}{3}\, m(u_3^2 + v_3^2 + w_3^2) + \ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$+ \tfrac{1}{3}m\ (u_n^2 + v_n^2 + w_n^2)$$

$$\because \quad u_1^2 + v_1^2 + w_1^2 = C_1^2$$
$$u_2^2 + v_2^2 + w_2^2 = C_2^2$$
$$u_3^2 + v_3^2 + w_3^2 = C_3^2$$
$$u_n^2 + v_n^2 + w_n^2 = C_n^2$$

$$\therefore \quad P = \tfrac{1}{3}m(C_1^2 + C_2^2 + C_3^2 + \ldots\ldots\ldots C_n^2)$$

یا

$$P = \tfrac{1}{3}nm\ \frac{(C_1^2 + C_2^2 + C_3^2 + \ldots\ldots\ldots C_n^2)}{n}$$

اگر تمام مالیکیولوں کی اوسط مربع رفتار (Mean square velocity) C^2 ہو تو

$$C^2 = \frac{C_1^2 + C_2^2 + C_3^2 + \ldots\ldots\ldots C_n^2}{n}$$

$$\therefore \quad P = \tfrac{1}{3}\ nm\ C^2$$

چونکہ nm گیس کی وہ کمیت (Mass) ہے جو ایک مکعب سنٹی میٹر میں محصور ہے اس لیے اگر گیس کی کثافت (Density) ρ ہو تو اس صورت میں

$$\rho = nm$$

$$\therefore \quad P = \frac{1}{3} \rho C^2$$

گیسوں کے حرکتی نظریے سے بوائل کے قانون کو اخذ کرنا۔

چونکہ گیس کی اوسط مربع رفتار (Mean square velocity) C^2 کا انحصار ٹمپریچر پر ھوتا ھے اس لیے اگر ٹمپریچر مستقل رھے تو C^2 بھی ایک خاص قیمت پر برقرار رھتی ھے ۔ اب اگر برتن کے اندر محصور گیس کا دباؤ P ، حجم V اور کمیت M ھو تو

$$\rho = \frac{M}{V}$$

مگر آوپر کی تشریح کے مطابق

$$P = \frac{1}{3} \rho C^2$$

$$\therefore \quad P = \frac{1}{3} \frac{M}{V} C^2$$

یا

$$PV = \frac{1}{3} M C^2$$

چونکہ ٹمپریچر کے یکساں رھنے کے باعث C^2 مستقل ھے اور کمیت M گیس کی ایک خاص مقدار کے لیے ھمیشہ مستقل ھی ھوتی ھے ، اس لیے

$$PV = \text{مستقل}$$

$$\therefore \quad P \propto \frac{1}{V}$$

اس سے ظاھر ھوتا ھے کہ جب کسی محصور گیس کا ٹمپریچر یکساں رھے تو اس کے دباؤ اور حجم کی حاصل ضرب مستقل رھتی ھے ۔ دوسرے لفظوں میں اسے یوں کہا جاسکتا ھے کہ ایک گیس کا دباؤ اس کے حجم کے بالعکس متناسب ھوتا ھے بشرطیکہ اس کا ٹمپریچر یکساں رھے ۔ یہی بوائل کا قانون (Boyle's law) ھے ۔ اس طرح **بوائل کا قانون گیسوں کے حرکتی نظریے سے ثابت ھو جاتا ھے ۔**

جذری اوسط مربع رفتار ۔ اوسط مربع رفتار C^2 کی تشریح پہلے

گزر چکی ہے - اس کا جذر لیا جائے تو C حاصل ہوتا ہے - **اسے جذری اوسط مربع رفتار** (Root mean square velocity) کہتے ہیں - اس کی قیمت ذیل کے طریقے سے معلوم کی جا سکتی ہے -

$$\because \quad P = \frac{1}{3}\rho C^2$$

$$\therefore \quad C^2 = \frac{3P}{\rho}$$

$$\text{یا} \quad C = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ہوا کی جذری اوسط مربع رفتار - چونکہ نارمل ٹمپریچر اور دباؤ (N.T.P.) پر

$$P = 76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \text{ (ڈائن فی مربع سنٹی میٹر)}$$

اور ہوا کے لیے

$$\rho = 0{\cdot}00129 \text{ gm./c.c.}$$

$$\therefore \quad C = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 981}{0{\cdot}00129}}$$

$$= 4{\cdot}856 \times 10^4 \text{ cms./sec.}$$

$$= 48560 \text{ cms./sec.}$$

$$= 485{\cdot}6 \text{ metres./sec.}$$

اس سے ظاہر ہے کہ نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ہوا کے مالیکیولوں کی جذری اوسط مربع رفتار (Root mean square velocity) (جسے اس کے مالیکیولوں کی اوسط رفتار کے قریباً برابر مانا جا سکتا ہے) 48560 سنٹی میٹر فی سیکنڈ یا 485·6 میٹر فی سیکنڈ ہوتی ہے - میلوں میں یہ رفتار ایک تہائی میل ($\frac{1}{3}$میل) فی سیکنڈ کے لگ بھگ نکلتی ہے -

نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ہائیڈروجن کی جذری اوسط مربع رفتار - چونکہ نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر

$$P = 76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \text{ (ڈائن فی مربع سنٹی میٹر)}$$

اور هائیڈروجن کے لیے

$$\rho = 0{\cdot}000089 \text{ gm./c.c.}$$

$$\therefore\ C = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 981}{0{\cdot}000089}}$$

$$= 18{\cdot}4 \times 10^4 \text{ cms./sec.}$$
$$= 184000 \text{ cms./sec.}$$
$$= 1840 \text{ metres/sec.}$$

اس سے ظاهر هے کہ نارمل ٹمپریچر اور دباؤ (N.T.P.) پر هائیڈروجن گیس کے مالیکیولوں کی جذری اوسط مربع رفتار (Root mean square velocity) جسے اس کے مالیکیولوں کی اوسط رفتار کے قریباً برابر مانا جا سکتا هے، 184000 سنٹی میٹر فی سیکنڈ یا 1840 میٹر فی سیکنڈ هوتی هے۔ میلوں میں یہ رفتار ایک میل فی سیکنڈ سے کسی قدر زائد نکلتی هے۔

نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر آکسیجن کی جذری اوسط مربع رفتار۔
چونکہ نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر

$P = 76 \times 13{\cdot}6 \times 981$ (ڈائن فی مربع سنٹی میٹر)

اور آکسیجن کے لیے

$$\rho = 0{\cdot}00142$$

$$\therefore\ C = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 981}{0{\cdot}00142}}$$

$$= 4{\cdot}6 \times 10^4 \text{ cms./sec.}$$
$$= 46000 \text{ cms./sec.}$$
$$= 460 \text{ metres./sec.}$$

اس سے ظاهر هے کہ نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر آکسیجن گیس کے

مالیکیولوں کی جذری اوسط مربع رفتار (Root mean square velocity) جسے اس کے مالیکیولوں کی اوسط رفتار کے قریباً برابر مانا جا سکتا ہے، 46000 سنٹی میٹر فی سیکنڈ یا 460 میٹر فی سیکنڈ ہوتی ہے - میلوں میں یہ رفتار ایک تہائی میل فی سیکنڈ سے کچھ کم نکلتی ہے -

دباؤ اور حرکتی توانائی میں تعلق - اگر کسی گیس کے ایک مکعب سنٹی میٹر کی کمیت m ہو اور اس کے مالیکیولوں کی اوسط رفتار C ہو تو اس کی حرکتی توانائی (Kinetic energy) کلیے کے مطابق $\frac{1}{2}mC^2$ ہو گی - اب چونکہ ایک مکعب سنٹی میٹر گیس کی کمیت m اس کی کثافت ρ کے برابر ہوتی ہے ، اس لیے گیس کی حرکتی توانائی فی مکعب سنٹی میٹر $\frac{1}{2}\rho C^2$ ہوگی - پس اگر اس حرکتی توانائی کو E سے تعبیر کیا جائے تو

$$E=\frac{1}{2}\rho C^2$$

اب اگر گیس کا دباؤ P ہو تو چونکہ

$$P=\frac{1}{3}\rho C^2$$

یا

$$P=\frac{2}{3}\times\frac{1}{2}\rho C^2$$

$$\because \quad \frac{1}{2}\rho C^2=E$$

$$\therefore \quad P=\frac{2}{3}E$$

اس سے ظاہر ہے کہ **ایک گیس کا دباؤ اس کی اوسط حرکتی توانائی فی مکعب سنٹی میٹر کے دو تہائی کے برابر ہوتا ہے** -

گیسوں کے حرکتی نظریے کی روشنی میں مطلق صفر کی توضیح - اگر ایک گیس کا دباؤ P ہو ، اس کی کمیت M ہو ، اس کا حجم V ہو اور اس کی اوسط مربع رفتار C^2 ہو تو یہ ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$PV=\frac{1}{3}MC^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

اگر ہم ایک گرام مالیکیول گیس کو زیر غور لائیں اور اس کے حجم کو V لیں تو M عددی طور پر اس گیس کے مالیکیولی وزن

(Molecular weight) کے برابر ہوگا ۔

اب گیس کی مساوات کے مطابق

$$PV = RT ....(ii)$$

پس (i) اور (ii) کی رو سے

$$\frac{1}{3} MC^2 = RT$$

$$\therefore \quad C^2 = \frac{3R}{M} T$$

چونکہ R اور M دونوں مستقل ہیں اس لیے

$$C^2 \propto T$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ گیس کی اوسط مربع رفتار (C^2) اس کے مطلق ٹمپریچر (T) کے راست متناسب ہوتی ہے ۔

اب اگر T صفر ہو جائے تو C^2 کی قیمت صفر ہو جاتی ہے ۔ اس سے ہمیں مطلق صفر کا ایک واضح تصور ملتا ہے ، یعنی مطلق صفر وہ ٹمپریچر ہے جس پر ایک گیس کی مالیکیولی رفتار صفر ہو جاتی ہے ۔

اوسط حرکتی توانائی اور ٹمپریچر میں تعلق ۔ اگر ہم کسی گیس کے ایک گرام مالیکیول کو زیر غور لائیں تو اس کے اندر N مالیکیول ہوتے ہیں جبکہ N ایک خاص عدد ہے جس کو **ایوو گادرو کا عدد** (Avogadro's number) کہتے ہیں ۔ اوپر بیان کیا جا چکا ہے کہ گیس کی اس مقدار کے لیے

$$\frac{1}{3} MC^2 = RT$$

یا $$\frac{2}{3} \times \frac{1}{2} MC^2 = RT$$

یا $$\frac{1}{2} MC^2 = \frac{3}{2} RT$$

اس کو N پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{1}{2} \frac{M}{N} C^2 = \frac{3}{2} \frac{R}{N} T$$

اب M ایک گرام مالیکیول گیس کی کمیت ہے اور N اس کے اندر مالیکیولوں کی تعداد ہے اس لیے $\frac{M}{N}$ ایک مالیکیول کی کمیت ہے جسے m سے تعبیر کیا جا سکتا ہے ۔ آدھر $\frac{R}{N}$ بھی ایک مستقل ہے جسے **بولٹز مان کے مستقل** (Bolt-mann's canstant) کا نام دیا جاتا ہے اور k سے ظاہر کیا جاتا ہے ۔

$$\therefore \quad \tfrac{1}{2}mC^2=\tfrac{3}{2}\,kT$$

اس مساوات میں $\frac{1}{2}\,mC^2$ گیس کی اوسط حرکتی توانائی فی مالیکیول ہے اور T اس کا مطلق ٹمپریچر ہے ۔ اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ کسی گیس کی حرکتی توانائی فی مالیکیول اس کے مطلق ٹمپریچر کے براہ راست متناسب ہوتی ہے ۔

چارلس کا قانون - اوپر دی ہوئی تفصیل کے مطابق

$$PV=\tfrac{1}{3}\ MC^2=\tfrac{2}{3}\times\tfrac{1}{2}MC^2$$

مگر $\frac{1}{2}MC^2$ جو مالیکیولوں کی حرکتی توانائی کو تعبیر کرتا ہے ، براہ راست T کے متناسب ہوتا ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ PV بھی T کے براہ راست متناسب ہے ۔ یعنی

$$PV \propto T$$

اس تعلق میں جب P کو ایک خاص قیمت پر برقرار رکھا جائے تو گیس کا حجم (V) اس کے مطلق ٹمپریچر (T) کے براہ راست متناسب ہو جاتا ہے ۔ یہی **چارلس کا قانون** (Charles' law) ہے ۔

علاوہ ازیں اگر اوپر کے تعلق میں V کو ایک خاص قیمت پر برقرار رکھا جائے تو دباؤ P مطلق ٹمپریچر T کے براہ راست متناسب ہو جاتا ہے ۔

گیسوں کے حرکتی نظریے سے ایووگادرو کا قانون اخذ کرنا ۔

ایووگادرو کا قانون (Avogadro's law) جسے بعض اوقات

ایووگادرو کا مفروضہ (Avogadro's hypothesis) بھی کہتے ہیں ، بتاتا ہے کہ ایک ہی ٹمپریچر اور ایک ہی دباؤ کے ماتحت تمام گیسوں کے مساوی مساوی حجموں میں مالیکیولوں کی تعداد برابر ہوتی ہے ۔

اس قانون کو گیسوں کے حرکتی نظریے (Kinetic theory) میں سے اخذ کرنے کے لیے دو مختلف گیسوں کے ایک ایک مکعب سنٹی میٹر حجموں کو زیر غور لاؤ جس کا ٹمپریچر T اور دباؤ P ہو ۔ فرض کرو کہ ان میں سے پہلی گیس میں مالیکیولوں کی تعداد فی مکعب سنٹی میٹر n_1 ہے ۔ ان مالیکیولوں کی جذری اوسط مربع رفتار (Root mean square velocity) C_1 ہے اور ان میں سے ہر مالیکیول کی کمیت m_1 ہے اور اس طرح دوسری گیس کے لیے یہ تینوں مقداریں بالترتیب n_2 ، C_2 اور m_2 ہیں ۔ چونکہ دونوں گیسوں کا دباؤ ایک ہی ہے جس کی قیمت p ہے اس لیے صفحہ 368 کے مطابق

$$p=\frac{1}{3}\, m_1n_1C_1^2$$

$$p=\frac{1}{3}\, m_2n_2C_2^2$$

$$\therefore\quad \frac{1}{3}\, m_1n_1C_1^2=\frac{1}{3}\, m_2n_2C_2^2$$

یا $$m_1n_1C_{12}=m_2n_2C_2^2\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

دونوں گیسوں کا ٹمپریچر ایک ہے اس لیے اگر ان دونوں کو باہم ملنے دیا جائے تو ان کے آمیزے کا ٹمپریچر بھی وہی رہے گا ۔ یہ اسی صورت میں ممکن ہو سکتا ہے جب ان دونوں گیسوں کی اوسط حرکتی توانائی (Mean kinetic energy) ایک ہی ہو ۔

$$\therefore\quad \frac{1}{2}m_1C_1^2=\frac{1}{2}m_2C_2^2$$

یا $$m_1C_1^2=m_2C_2^2\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

مساوات (i) اور (ii) سے

$$n_1=n_2$$

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ دونوں گیسوں کے ایک ایک مکعب سنٹی میٹر میں مالیکیولوں کی تعداد برابر ہے ۔ اس سے واضح ہے کہ

اگر ایک ھی دباؤ اور ایک ھی ٹمپریچر پر دونوں گیسوں کے برابر برابر حجم لیے جائیں تو آن میں مالیکیولوں کی تعداد برابر ھوگی - یہی **ایووگادرو کا قانون** (Avogadro's law) ہے -

ڈالٹن کا جزوی دباؤ کا قانون - فرض کیجیے کہ متعدد مختلف گیسیں جن کی کثافتیں ρ_1 ، ρ_2 ، ρ_3 وغیرہ ھیں اور جن کی جذری اوسط مربع رفتاریں (Root mean square velocities) C_1 ، C_2 ، C_3 وغیرہ ھیں ایک برتن میں ، جس کا حجم V ہے باھم جمع کر دی جاتی ھیں - تب چونکہ

$$p=\frac{1}{3}\rho C^2$$

اس لیے ھر گیس پر اس کلیے کا استعمال کرنے سے گیسوں کے اس آمیزے کا مجموعی دباؤ اگر P ھو تو

$$P=\frac{1}{3}\rho_1 C_1^2+\frac{1}{3}\rho_2 C_2^2+\frac{1}{3}\rho_3 C_3^2+\ldots\ldots\ldots\ldots$$

اب فرض کرو کہ اسی برتن میں پہلی گیس کے تو اتنے ھی مالیکیول موجود ھیں جو اس آمیزے میں پائے جاتے ھیں مگر باقی تمام گیسیں اس برتن میں موجود نہیں ھیں - تب اگر اس اکیلی گیس کا دباؤ اس صورت میں p_1 ھو تو

$$p_1=\frac{1}{3}\rho_1 C_1^2$$

اسی طرح اگر برتن میں اکیلی اکیلی ھونے کی صورت میں بقایا گیسوں کا دباؤ بالترتیب p_2 اور p_3 وغیرہ ھو تو

$$p_2=\frac{1}{3}\rho_2 C_2^2$$

$$p_3=\frac{1}{3}\rho_3 C_3^2$$

$$\because \quad P=\frac{1}{3}\rho_1 C_1^2+\frac{1}{3}\rho_2 C_2^2+\frac{1}{3}\rho_3 C_3^2+\ldots\ldots$$

$$\therefore \quad P=p_1+p_2+p_3+\ldots\ldots\ldots$$

گیسوں کے پورے آمیزے کا مجموعی دباؤ P ہے اور ھر گیس کے علیحدہ علیحدہ جزوی دباؤ p_1 ، p_2 ، p_3 وغیرہ ھیں جن کی حاصل جمع

P کے برابر هے - اس سے ثابت هو جاتا هے که اگر ایک محصور جگه میں مختلف گیسیں باهم ملی هوئی موجود هوں تو آن کا مجموعی دباؤ ان کے علیحدہ علیحدہ جزوی دباؤ کے (جو وہ اس صورت میں ڈالتی هیں جب وہ اتنی هی جگه میں اکیلی اکیلی هوتی هیں) حاصل جمع کے برابر هوتا هے - یہی **ڈالٹن کا جزوی دباؤ کا قانون** (Dalton's law of partial pressures) هے -

گراهم کا نفوذ کا قانون - جب ایک گیس کا نفوذ (Diffusion) دوسری گیس میں هو رها هو تو اس گیس کے نفوذ کی شرح اس کی کثافت کے جذر کے بالعکس متناسب هوتی هے - یہ **گراهم کے نفوذ کا قانون** (Graham's law of diffusion) هے جسے گیسوں کے حرکتی نظریے میں سے ذیل کے طریقے سے اخذ کیا جا سکتا هے -

یہ ظاهر هے کہ ایک گیس کا نفوذ اس کے مالیکیولوں کی حرکت هی سے هو سکتا هے اور مالیکیولوں کی یہ حرکت آن کی اوسط رفتار کے متناسب اور اس وجه سے ان کی جذری آوسط مربع رفتار C کے متناسب هوتی هے - اب اگر گیس کا دباؤ p هو اور اس کی کثافت ρ هو تو

$$p = \tfrac{1}{3} \rho C^2$$

$$\therefore \quad C^2 = \frac{3p}{\rho}$$

یا $$C = \sqrt{3p}$$

پس ایک خاص دباؤ پر

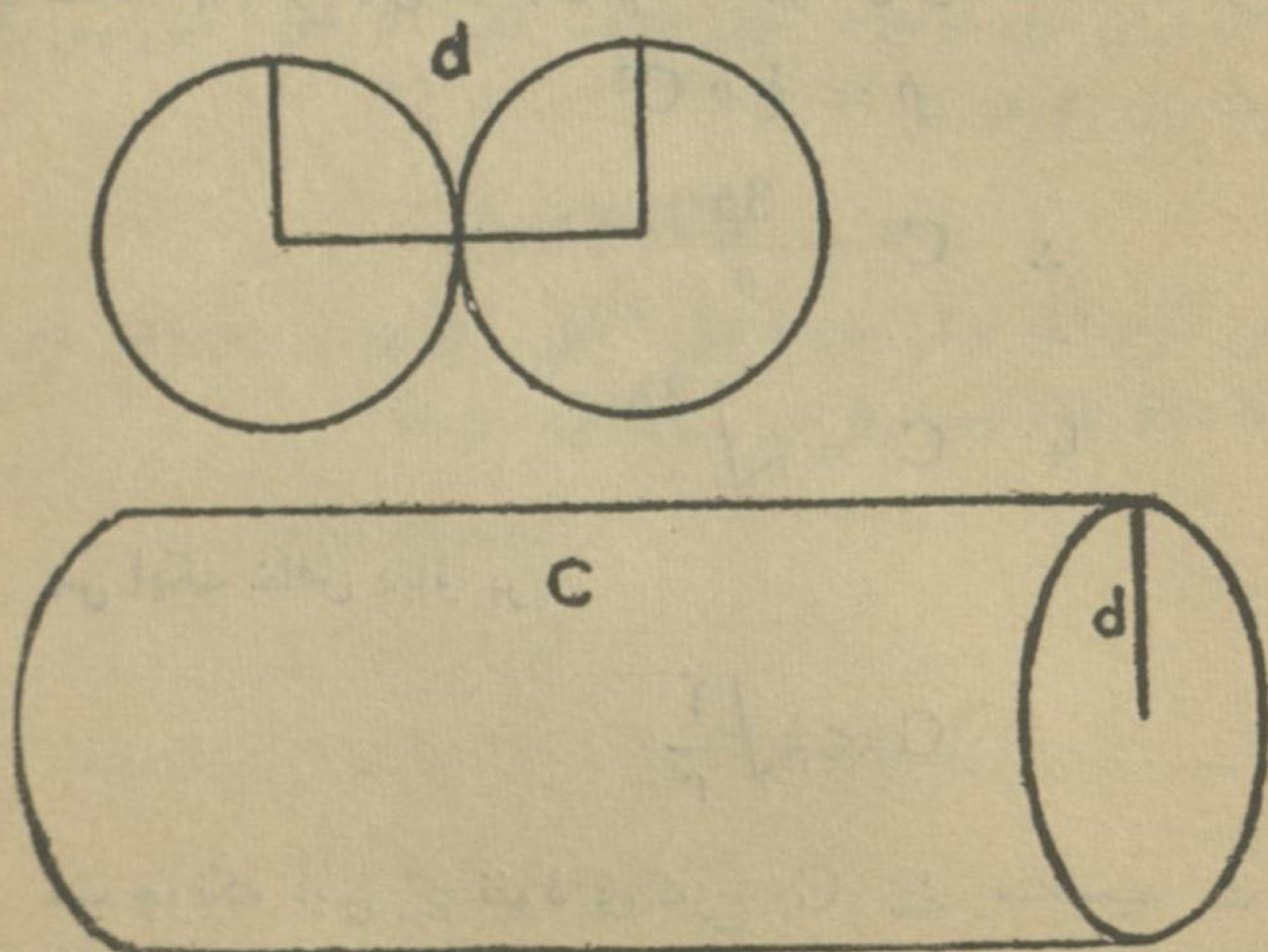
$$C \propto \sqrt{\frac{1}{\rho}}$$

اب چونکه گیس کے نفوذ کی شرح C کے متناسب هے اس لیے وہ $\sqrt{\frac{1}{\rho}}$ کے بھی متناسب هے یعنی دوسرے لفظوں میں وہ $\sqrt{\rho}$

کے بالعکس متناسب ہے - اس سے ظاہر ہے کہ کسی گیس کے نفوذ کی شرح اس کی کثافت کے جذر کے بالعکس متناسب ہوتی ہے - یہی **گراہم کا نفوذ کا قانون** ہے -

آوسط آزاد راستے کی قیمت - اس سے پہلے گیس کے مالیکیولوں کے اوسط آزاد راستے (Mean free path) کی تشریح ہو چکی ہے - یہاں یہ بیان کرنا ضروری ہے کہ اس آزاد راستے کا انحصار گیس کی مالیکیولی کثافت اور ایک مالیکیول کے قطر پر ہوتا ہے - چنانچہ اگر کسی گیس کی مالیکیولی کثافت n ہو جس سے مراد یہ ہے کہ اس گیس کے ایک مربع سنٹی میٹر (1 c.c.) حجم میں n مالیکیول پائے جاتے ہوں، ان میں سے ہر مالیکیول کا قطر σ ہو، اور ان کا اوسط آزاد راستہ λ (Mean free path) ہو تو ان کے درمیان تعلق مندرجہ ذیل طریقے سے اخذ کیا جا سکتا ہے -

گیس کے اندر جو مالیکیول متواتر حرکت میں رہتے ہیں ان کے اوسط آزاد راستے (Mean free path) کا حساب لگانے کے لیے ہم فرض کر لیتے ہیں کہ صرف ایک مالیکیول جو ہمارے زیر تحقیق



ہے، حرکت میں ہے اور باقی تمام مالیکیول ساکن ہیں - چونکہ مختلف

متحرک مالیکیولوں کے درمیان حرکت اضافی (Relative) ہوتی ہے اس لیے حساب لگانے کی خاطر اگر ایک مالیکیول کو متحرک اور باقی مالیکیولوں کو ساکن تسلیم کر لیا جائے تو اس سے صورت حال میں کچھ فرق نہیں پڑتا ۔ اگر اس متحرک مالیکیول کے کرۂ اثر (Sphere of influence) کا قطر d ہو تو وہ صرف ان مالیکولوں کے ساتھ ٹکرا سکتا ہے جن کے مرکز اس کے اپنے مرکز سے d فاصلے تک ہوں ۔ اب اگر اس مالیکیول کی رفتار C ہو تو ایک سیکنڈ میں وہ C فاصلہ طے کرے گا اور اس دوران میں وہ ان تمام مالیکیولوں کے ساتھ ٹکرائے گا جن کے مرکز ایک ایسے سلنڈر کے اندر واقع ہیں جس کا نصف قطر d ہے اور جس کا طول C ہے ۔

$$\pi d^2 C = \text{اس (فرضی) سلنڈر کا حجم}$$

اگر مالیکیولوں کی تعداد n فی مکعب سنٹی میٹر (n per c. c.) ہو تو سلنڈر کے اندر مالیکیولوں کی تعداد $\pi d^2 Cn$ ہو گی اور یہی تعداد ایک سیکنڈ میں واقع ہونے والوں ٹکراؤ کی ہو گی ۔ اس وجہ سے ایک ٹکراؤ کے بعد دوسرے ٹکراؤ کے واقع ہونے کا اوسط درمیانی عرصہ $\frac{1}{\pi d^2 Cn}$ سیکنڈ ہوگا۔ پس پہلے ٹکراؤ کے بعد دوسرے ٹکراؤ واقع ہونے تک مالیکیول کا طے کردہ اوسط فاصلہ

$$= \frac{1}{\pi d^2 Cn} \times C = \frac{1}{\pi d^2 n}$$

مگر یہی فاصلہ مطلوبہ اوسط آزاد راستہ (Mean free path) λ ہے ۔ اس لیے

$$\lambda = \frac{1}{\pi d^2 n} \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اگر مالیکیول کا ماس یعنی کمیت m ہو اور گیس کی کثافت ρ ہو تو

$$mn = \rho$$

$$\therefore \quad \frac{1}{n} = \frac{m}{\rho}$$

اس قیمت کو (i) میں شامل کرنے سے

$$\lambda = \frac{m}{nd^2\rho}$$

نوٹ - مذکورہ بالا نتیجہ یہ سادہ مفروضہ تسلیم کرکے نکالا گیا ہے کہ ایک مالیکیول متحرک ہے اور باقی تمام مالیکیول ساکن ہیں - اس میں مالیکیولوں کے اندر رفتار کی تقسیم کا جو میکسویل کے قانون تقسیم رفتار (Maxwell's Law of distribution of velocity) کے مطابق ہوتی ہے ، کا کچھ لحاظ نہیں رکھا گیا - اس وجہ سے λ کی یہ قیمت قریباً صحیح تو ہو سکتی ہے لیکن پورے طور پر صحیح نہیں ہو سکتی - میکسویل نے λ کی قیمت نکالنے میں اپنے مذکورہ قانون کا لحاظ رکھا اور λ کی قیمت یہ نکالی

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\,\pi\, d^2 n}$$

یہ λ کی زیادہ صحیح قیمت ہے -

اوپر کے کلیہ سے ثابت ہوتا ہے کہ **ایک گیس کے مالیکیولوں کا اوسط آزاد راستہ (Mean free path) کثافت کے بالعکس متناسب ہوتا ہے -** اب چونکہ گیس کی کثافت دباؤ کے براہ راست متناسب اور مطلق ٹمپریچر کے بالعکس متناسب ہوتی ہے ، اس لیے **اوسط آزاد راستہ λ دباؤ کے بالعکس متناسب اور مطلق ٹمپریچر کے براہ راست متناسب ہوتا ہے -**

اسی کلیے سے یہ بھی ظاہر ہے کہ **اوسط آزاد راستہ (Mean free path) گیس کے مالیکیول کے قطر کے مربع کے بالعکس متناسب ہوتا ہے** یعنی جس گیس کے مالیکیول سائز میں چھوٹے ہوتے ہیں ان کا اوسط آزاد راستہ بڑا ہوتا ہے - مثلاً ہائڈروجن کے ہر مالیکیول کا قطر $2{\cdot}47 \times 10^{-8}$ سنٹی میٹر ہے اور اس کا اوسط آزاد راستہ $1{\cdot}83 \times 10^{-5}$ سنٹی میٹر ہے - آکسیجن کے ہر مالیکیول کا قطر اس سے بڑا یعنی

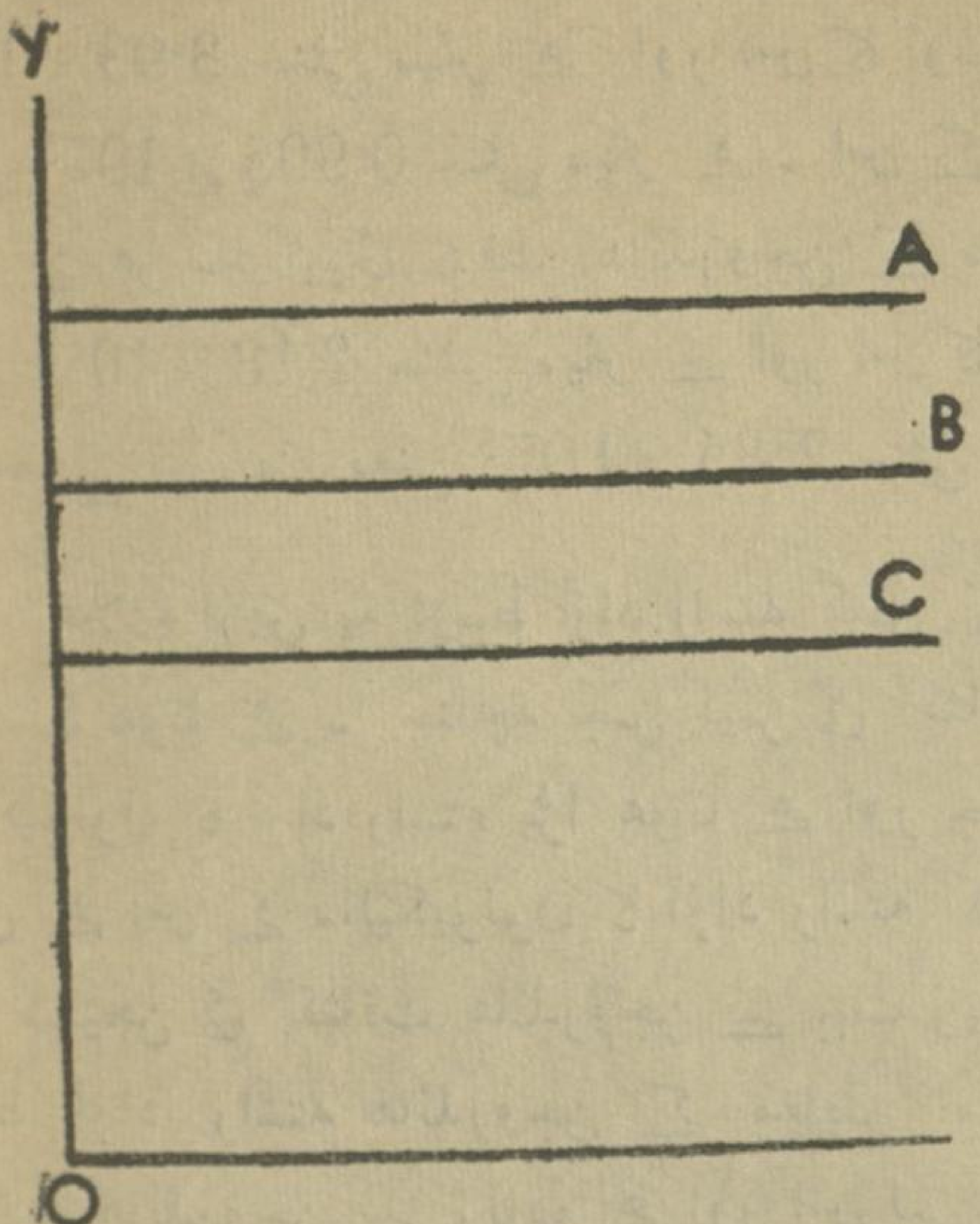
$3{\cdot}93 \times 10^{-8}$ سنٹی میٹر ہے اور اس کا اوسط آزاد راستہ اس سے چھوٹا یعنی $0{\cdot}995 \times 10^{-5}$ سنٹی میٹر ہے ۔ اس کے برعکس ہیلیئم (Helium) گیس کے ہر مالیکیول کا قطر ہائڈروجن کے مالیکیول کے قطر سے چھوٹا یعنی $2{\cdot}18 \times 10^{-8}$ سنٹی میٹر ہے اور اس کا اوسط آزاد راستہ ہائڈروجن کے مقابلے میں بڑا یعنی $2{\cdot}85 \times 10^{-5}$ سنٹی میٹر ہے ۔

علاوہ ازیں یہ **اوسط آزاد راستہ گیس کی کثافت کے بھی بالعکس متناسب ہوتا ہے** ۔ چنانچہ جس گیس کی کثافت کم ہوتی ہے اس کے مالیکیولوں کا آزاد راستہ بڑا ہوتا ہے اور جس گیس کی کثافت زیادہ ہوتی ہے اس کے مالیکیولوں کا آزاد راستہ کم ہوتا ہے ۔ مثال کے طور پر آکسیجن کی کثافت ہائڈروجن سے بہت زیادہ ہے اور آکسیجن کے لیے اوسط آزاد راستہ ہائڈروجن کے مقابلے میں کم ہے ۔ البتہ ہیلیئم کی کثافت ہائڈروجن سے زیادہ ہے اور اس لیے ہیلیئم کے لیے اوسط آزاد راستہ ہائڈروجن کے مقابلے میں کم ہونا چاہیے۔ لیکن حقیقت میں یہ زیادہ ہے جس کی وجہ یہ ہے کہ ہیلیئم کے مالیکیول کا قطر ہائیڈروجن کے مالیکیول کے قطر سے کم ہے ۔

اوسط آزاد راستہ اور لزوجت ۔ اگر کسی گیس کا لزوجت کا معیار (Coefficient of viscosity) η ہو ، اس کی کثافت ρ ہو ، اس کے مالیکیولوں کی اوسط رفتار $\bar{C}$ ہو اور اس کے مالیکیولوں کا اوسط آزاد راستہ λ ہو تو

$$\eta = \frac{1}{3}\rho \bar{C} \lambda$$

ثبوت ۔ اس کلیے کو ثابت کرنے کے لیے فرض کرو کہ ایک گیس آفقی (Horizontal) سطح OX کے ساتھ ایک خاص رفتار سے بہہ رہی ہے جب کہ یہ رفتار اس کے مالیکیولوں کی حرارتی رفتار (Thermal velocity) سے بہت کم ہے ۔ چونکہ گیس ایک سیال (Fluid) کی طرح بہتی ہے ، اس لیے اس کی وہ تہہ جو OX کے ساتھ مس کیے ہوتی ہے ، ساکن ہے ، یعنی اس کی رفتار صفر ہے اور جوں جوں OY



کے ساتھ اوپر جایا جائے یہ رفتار بتدریج ایک یکساں شرح $\frac{dv}{dy}$ کے ساتھ بڑھتی جاتی ہے۔

اس لحاظ سے $\frac{dv}{dy}$ اس کی رفتار کی ڈھال (Velocity gradient) ہے۔

گیس کی ایک تہہ B کو زیر غور لاؤ جو OX سے ایک خاص فاصلے پر ہے اور جہاں گیس کی رفتار v ہے۔ اس تہہ کے اوپر λ کے فاصلے پر ایک تہہ A ہے اور اس کے نیچے بھی λ کے فاصلے پر ایک تہ C ہے۔

چونکہ رفتار کا ڈھال (Velocity gradient) $\frac{dv}{dy}$ ہے، اس لیے

$$\text{تہہ A میں گیس کی رفتار} = v + \frac{dv}{dy}\lambda$$

$$\text{تہہ B میں گیس کی رفتار} = v - \frac{dv}{dy}\lambda$$

اب چونکہ مالیکیول تمام اطراف میں حرارتی رفتاروں (Thermal velocities) کے ساتھ حرکت کر رہے ہیں اس لیے ہم خیال کر سکتے ہیں کہ وہ تین حصوں میں منقسم ہیں جن میں سے ایک حصہ OX - محور کے متوازی، دوسرا حصہ OY - محور کے متوازی اور تیسرا حصہ OZ - محور کے متوازی دونوں سمتوں میں متحرک ہے۔ اس سے ظاہر ہے کہ کسی ایک محور کے متوازی جو مالیکیول ایک سمت میں متحرک ہیں وہ کل مالیکیولوں کا $\frac{1}{6}$ حصہ ہیں۔ اگر مالیکیولوں کی تعداد

فی مکعب سنٹی میٹر n ہو ، ان کی اوسط رفتار C ہو اور ان میں سے ہر مالیکیول کی کمیت m ہو تو ایک سیکنڈ میں فی اکائی رقبہ $\frac{nC}{6}$ مالیکیول تہہ A سے تہہ C کی طرف نیچے کو آتے ہیں اور $\frac{nC}{6}$ مالیکیول ہی تہہ C سے تہہ A کی طرف اوپر کو جاتے ہیں - ان میں سے تہہ A سے تہہ C کی طرف نیچے آنے والے مالیکیولوں کی سامنے کی بہاؤ کی رفتار (Drift velocity) $\lambda\ v+\frac{dv}{dy}$ ہے اور چونکہ ان کی تعداد $\frac{nC}{6}$ اور کمیت m ہے اس لیے ان کی مقدار حرکت (Momentum)

$\frac{mnC}{6}\left(v+\frac{dv}{dy}\lambda\right)$ ہے -

اسی طرح تہہ C سے تہہ A کی طرف اوپر جانے والے مالیکیولوں کی سامنے کی بہاؤ کی رفتار $\lambda\ v-\frac{dv}{dy}$ ہے اور ان کی مقدار حرکت

$$=\frac{mnC}{6}\left(v-\frac{dv}{dy}\lambda\right)$$

ان دونوں تہوں کے درمیان مقدار حرکت (Momentum) کی اضافی تبدیلی فی سیکنڈ (فی مربع سنٹی میٹر)

$$=\frac{mnC}{6}\left(v+\frac{dv}{dy}\lambda\right)-\frac{mnC}{6}\left(v-\frac{dv}{dy}\lambda\right)$$

$$=\tfrac{1}{3}mnC\frac{dv}{dy}\lambda$$

مگر مقدار حرکت کی تبدیلی فی سیکنڈ نیوٹن کے دوسرے قانون کے مطابق قوت (Force) ہے - اس لیے اگر ان دونوں تہوں کے درمیان مماسی قوت T (Tangential force) ہو تو

$$T=\tfrac{1}{3}mnC\frac{dv}{dy}\lambda$$

اب اگر گیس کی لزوجت کا معیار (Coefficient of viscosity) η ہو تو

$$T=\eta\frac{dv}{dy}$$

$$\therefore \quad \eta\frac{dv}{dy}=\frac{1}{3}mnC\frac{dv}{dy}\lambda$$

یا

$$\eta=\frac{1}{3}mnC\lambda$$

اگر گیس کی کثافت ρ ہو تو

$$mn=\rho$$

$$\therefore \quad \eta=\frac{1}{3}\rho C\lambda$$

لزوجت کا معیار η اور دباؤ - گیس کی کثافت ρ دباؤ کے ساتھ براہ راست متناسب ہوتی ہے مگر اوسط آزاد راستہ λ اسی نسبت سے دباؤ کے بالعکس متناسب ہے ، اس لیے $\rho\lambda$ دباؤ کے ساتھ نہیں بدلتا - اب چونکہ

$$\eta=\frac{1}{3}\rho C\lambda$$

اس سے ظاہر ہے کہ لزوجت کے معیار η میں دباؤ کے کم یا زیادہ ہونے سے کچھ فرق نہیں پڑتا -

لزوجت کا معیار η اور ٹمپریچر - ٹمپریچر کے بڑھنے سے گیس کی کثافت ρ گھٹ جاتی ہے مگر اوسط آزاد راستہ λ اسی نسبت سے بڑھ جاتا ہے ، اس وجہ سے مساوات

$$\eta=\frac{1}{3}\rho C\lambda$$

میں جہاں تک $\frac{1}{3}\rho\lambda$ کا تعلق ہے ، ٹمپریچر کے بڑھنے یا گھٹنے سے اس میں کچھ فرق نہیں پڑتا - لیکن λ چونکہ $\sqrt{T}$ کے متناسب ہوتا ہے ، جب کہ T گیس کا مطلق ٹمپریچر ہو ، اس وجہ سے

$$\eta \propto \sqrt{T}$$

پس لزوجت کا معیار η مطلق ٹمپریچر کے جذر کے براہ راست متناسب ہوتا ہے -

لزوجت کے معیار سے مالیکیول کا قطر معلوم کرنا

$$\because \quad \eta = \tfrac{1}{3}\rho C\lambda$$

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\ \pi\sigma^2 n}$$

$$\therefore \quad \eta = \tfrac{1}{3}\rho C \times \frac{1}{\sqrt{2}\ \pi\sigma^2 n}$$

یا
$$\eta = \frac{1}{\sqrt{18}} \times \frac{\rho C}{\pi\sigma^2 n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اب اگر ایک مالیکیول کی کمیت m ہو تو چونکہ ایک مکعب سنٹی‌میٹر میں n مالیکیول ہیں اس لیے گیس کی کثافت ان n مالیکیولوں کی کمیت کے برابر ہے -

$$\therefore \quad \rho = nm$$

اسے آوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{18}} \times \frac{nmC}{\pi\sigma^2 n}$$

یا
$$\eta = \frac{m\bar{C}}{\sqrt{18}\,\pi\sigma^2}$$

یا
$$\sigma^2 = \frac{m\bar{C}}{\sqrt{18}\ \pi\eta}$$

$$\because \quad \bar{C} = 0{\cdot}921\ C$$

$$\therefore \quad \sigma^2 = \frac{m \times 0{\cdot}921C}{\sqrt{18}\ \pi\eta}$$

اب اگر گیس کا دباؤ p ہو تو

$$C^2 = \frac{3p}{\rho}$$

$$\therefore \quad C = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

اس کو آوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$\sigma^2 = \frac{0{\cdot}921\ m}{\sqrt{18}\ \pi\eta} \times \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

اگر N ایووگادرو عدد (Avogadro's number) ھو اور M گیس کا مالیکیولی وزن ھو تو

$$m = \frac{M}{N}$$

اسے آوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$\sigma^2 = \frac{0{\cdot}921}{\sqrt{81}\ \pi\eta} \times \frac{M}{m} \times \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

چونکہ گیس کا مالیکیولی وزن M اور اس کی کثافت ρ ، نیز ایووگادرو کا عدد N عام طور پر معلوم ہوتے ھیں اور p کو آسانی سے ناپا جا سکتا ھے ، اس لیے جب لزوجت کے معیار (Coefficient of viscosity) η کو تجربے سے دریافت کر لیا جائے تو آوپر کی مساوات کی مدد سے گیس کے ایک مالیکیول کا قطر σ نکالا جا سکتا ھے -

اوسط رفتار اور جذری اوسط مربع رفتار - ایک گیس کے مالیکیولوں کی اوسط رفتار $\bar{C}$ (Average velocity) اور اس کی جذری اوسط مربع رفتار C (Root mean squarc velocity) میں ایک فرق ھے جس کا سمجھنا ضروری ھے - اگر مالیکیولوں کی رفتاریں فرداً فرداً C_1 ، C_2 ، C_3 ... C_n ھوں تو

$$\text{اوسط رفتار} = \bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 \ldots\ldots C_n}{n}$$

$$\text{جذری اوسط مربع رفتار} = C = \sqrt{\frac{C_1^2 + C_2^2 + C_3^2 + \ldots C_n^2}{n}}$$

جذری اوسط مربع رفتار اور اوسط رفتار دونوں قریباً برابر ہوتی ہیں مگر بالکل برابر نہیں ہوتیں - اوسط رفتار جذری اوسط مربع رفتار سے ذرا کم ہوتی ہے - چنانچہ

جذری اوسط مربع رفتار × 0·921 = اوسط رفتار

$$\therefore \quad \bar{C} = 0{\cdot}921\ C$$

مالیکیولوں میں رفتار کی تقسیم - گیس کے اندر مالیکیولوں کی انفرادی رفتاریں برابر نہیں ہوتیں - ایک خاص لمحے میں بعض مالیکیول تیز رفتار کے ساتھ اور بعض مالیکیول نسبتاً مدھم رفتار کے ساتھ حرکت میں ہوتے ہیں - مختلف رفتاروں سے بے ترتیب حرکت کرنے والے یہ مالیکیول ایک دوسرے کے ساتھ اور گیس کے برتن کی دیواروں کے ساتھ ٹکراتے رہتے ہیں - چنانچہ جس شے کو ہم گیس کا دباؤ کہتے ہیں، وہ گیس کی برتن کی دیواروں کے ساتھ ان مالیکیولوں کے ٹکراؤ کا حاصل ہوتا ہے - ان مالیکیولوں کی انفرادی رفتاریں یکساں نہیں ہوتیں - اس وجہ سے ایک مالیکیول برتن کی دیوار سے ٹکر کھا کر جو توانائی اُسے دیتا ہے وہ ایک دوسرے مالیکیول کی اسی طور سے دی ہوئی توانائی سے مختلف ہوسکتی ہے - لیکن گیس کی قلیل سی مقدار میں بھی مالیکیولوں کی تعداد بے حد زیادہ ہوتی ہے - مثلاً نارمل ٹمپریچر اور دباؤ (N.T.P.) پر ایک مکعب سنٹی میٹر گیس کے اندر مالیکیولوں کی تعداد $2{\cdot}7 \times 10^{19}$ ہوتی ہے اور یہ سارے کے سارے مالیکیول مختلف رفتاروں کے ساتھ، جو ایک زیادہ سے زیادہ رفتار اور ایک کم سے کم رفتار کے مابین بدلتی رہتی ہیں، برتن کی دیواروں کے ساتھ ٹکراتے رہتے ہیں - اس وجہ سے برتن کی دیوار کے ایک خاص حصے پر ان مالیکیولوں کے ٹکراؤ سے ایک سیکنڈ میں جتنی توانائی فی مربع سنٹی میٹر منتقل ہوتی ہے، اتنی ہی برتن کی دیوار کے کسی اور حصے پر منتقل ہو جاتی ہے - اس وجہ سے گیس کا دباؤ برتن کی دیوار پر ہر سمت میں برابر ہوتا ہے -

جہاں تک مالیکیولوں کی رفتار کی تقسیم کا تعلق ہے یہ مالیکیولوں کی مختلف تعداد کے لیے مختلف ہوتی ہے - مثلاً یہ ہو سکتا ہے کہ ایک

لمحے میں n_1 مالیکیول ایک خاص رفتار v_1 سے متحرک ہوں اور n_2 مالیکیول ایک دوسری رفتار v_2 سے حرکت کر رہے ہوں ۔ دوسرے لمحے میں ان n_1 مالیکیول میں بعض کی رفتار کچھ اور ہو جائے گی ، مگر اسی لمحے قریباً اتنے ہی مالیکیولوں کی رفتار جو پہلے لمحے میں کچھ اور تھی اب v_1 ہو جائے گی جس کا نتیجہ یہ ہوگا کہ v_1 رفتار سے چلنے والے مالیکیول تو بدلتے رہیں گے ، مگر ان کی تعداد n_1 ہر لمحے برابر رہے گی ۔ یہی صورت v_2 رفتار یا کسی اور رفتار سے حرکت کرنے والے مالیکیولوں کے ساتھ پیش آئے گی ۔ دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ اگرچہ ایک خاص مالیکیول ، جو ایک لمحے میں v_1 رفتار رکھتا ہے ، دوسرے لمحے میں کسی اور رفتار سے متحرک ہوگا لیکن اس دوسرے لمحےمیں کوئی اور مالیکیول v_1 رفتار اختیار کرے گا جس کے باعث v_1 رفتار سے حرکت کرنے والے مالیکیولوں کی رفتار برابر رہے گی اور صورت حال ایسی ہوگی گویا پہلا مالیکیول ہی v_1 رفتار سے برابر متحرک ہے ۔ یہ **میکسویل کا قانون** ہے جو مالیکیولوں کی رفتار کی تقسیم کی صورت حال بیان کرتا ہے ۔

میکسویل کا توانائی کی مساوی تقسیم کا قانون ۔ جب دو گیسیں جو مختلف ٹمپریچر پر ہوں ، آپس میں ملا دی جائیں تو تھوڑے عرصے کے بعد وہ قیام پذیر (Stable) حالت میں آ جاتی ہیں اور ان کا ٹمپریچر برابر ہو جاتا ہے ۔ میکسویل (Maxwell) نے گیسوں کے حرکتی نظریے کی روشنی میں اس کی یوں توجیہہ کی کہ ایسی گیسوں میں ان کے ٹمپریچر کے مختلف ہونے کے باعث ان کے مالیکیولوں کی اوسط حرکتی توانائی بھی مختلف ہوتی ہے ۔ جب وہ گیسیں آپس میں ملتی ہیں تو ان کے مالیکیولوں کے باہمی ٹکراؤ سے حرکتی توانائی کا یہ فرق رفتہ رفتہ کم ہوتا جاتا ہے ، یہاں تک کہ جب ان کی قیام پذیر (Stable) حالت آ جاتی ہے تو ایک طرف ان دونوں گیسوں کے مالیکیولوں کی حرکتی توانائی (Kinetic energy) مساوی ہو جاتی ہے اور دوسری طرف ان کا ٹمپریچر برابر ہوجاتا ہے ۔ اسے **میکسویل کا توانائی کی مساوی تقسیم کا قانون** کہتے ہیں ۔

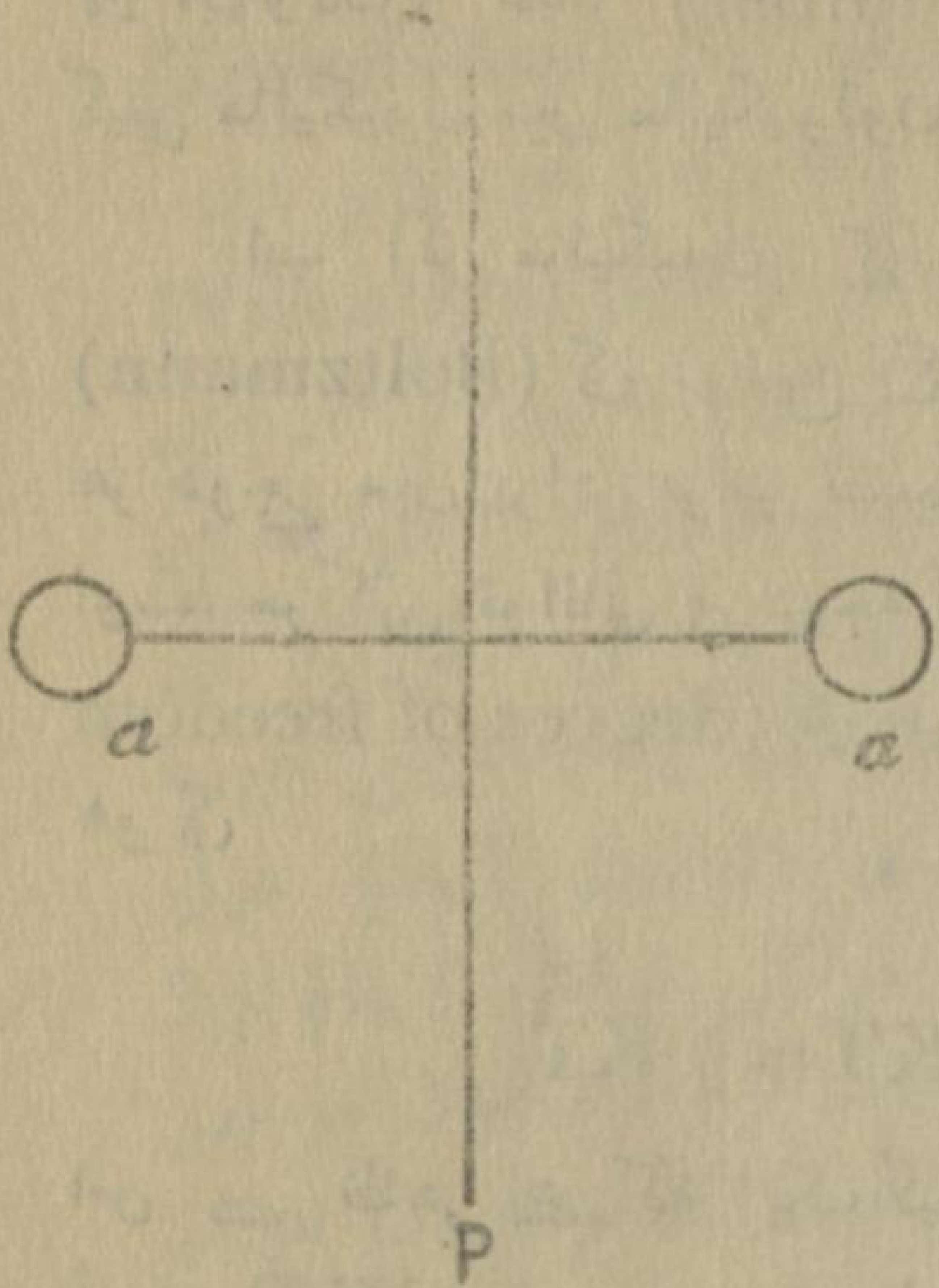
اس سے ظاہر ہے کہ کسی گیس کے مالیکیولوں کی حرکتی توانائی کا گہرا تعلق اس کے ٹمپریچر کے ساتھ ہوتا ہے اور اس وجہ سے اس **حرکتی توانائی کو ٹمپریچر کی پیمائش کی بنیاد بنایا جا سکتا ہے** - چنانچہ جب دو گیسوں کا ٹمپریچر ایک ہی ہوتا ہے تو ان کے مالیکیولوں کی اوسط توانائی بھی یکساں ہوتی ہے اور جب ایک گیس کا ٹمپریچر دوسری گیس کے ٹمپریچر سے بڑھا ہوا ہوتا ہے تو پہلی گیس کے مالیکیولوں کی اوسط توانائی بھی دوسری کے مقابلے میں زیادہ ہوتی ہے -

گیسوں کی اٹامیت (Atomicity of gases) - مختلف گیسوں کے مالیکیولوں میں ایٹموں کی تعداد مختلف ہوتی ہے - بعض گیسوں کے ایک مالیکیول میں صرف ایک ہی ایٹم ہوتا ہے - ایسی گیسوں کو **یک ایٹمی** (Mono-atomic) گیسیں کہا جاتا ہے - ہیلیئم اور آرگن ایسی گیسوں کی مثالیں ہیں - بعض گیسوں کے ایک مالیکیول میں دو ایٹم ہوتے ہیں - ایسی گیسیں **دو ایٹمی** (Diatomic) گیسیں کہلاتی ہیں - ہائیڈروجن ، آکسیجن اور نائٹروجن دو ایٹمی (Diatomic) گیسیں ہیں - بعض گیسوں کے ایک مالیکیول میں دو سے زیادہ مثلاً تین یا چار یا پانچ یا ان سے بھی زیادہ ایٹم ہوتے ہیں انہیں **کثیر ایٹمی** (Poly-atomic) گیسوں کا نام دیا جاتا ہے - کاربن ڈائی اوکسائڈ (CO_2) ، مارش گیس (CH_4) اور ایتھلین (C_2H_4) ایسی گیسوں کی مثالیں ہیں - ان میں سے جیسا کہ ان کے فارمولوں سے ظاہر ہے ، کاربن ڈائی اوکسائڈ کے ایک مالیکیول میں تین ایٹم ، مارش گیس (Marsh gas) کے ایک مالیکیول میں پانچ ایٹم اور ایتھلین کے ایک مالیکیول میں چھ ایٹم پائے جاتے ہیں - کسی گیس کے ایک مالیکیول میں ایٹموں کی تعداد اس **گیس کی اٹامیت** (Atomicity) کہلاتی ہے - چنانچہ ہیلیم کی اٹامیت (Atomicity) ایک ، ہائیڈروجن کی دو اور کاربن ڈائی اوکسائڈ کی تین ہے - گیسوں کے حرکتی نظریے کی مدد سے جب ان کی اٹامیت (Atomicity) معلوم ہو تو ان کی حرارت مخصوصہ کے متعلق نہایت دل چسپ نتائج حاصل ہوتے ہیں - مگر اس چھان بین سے پہلے ہمیں ایک اصطلاح ، آزادی کے درجے (Degree of freedom) کی تشریح ضروری ہے -

آزادی کے درجے - فرض کرو کہ ایک کمرے کے فرش پر ایک چیونٹی چل رہی ہے - اگر ہم کمرے کی دو دیواروں اور تیسرے فرش کے ساتھ چیونٹی کے چلنے کا مقابلہ کریں تو ہمیں معلوم ہو جائے گا کہ چیونٹی کمرے کی دو دیواروں سے اپنے فاصلوں کو تبدیل کیے جاتی ہے ، مگر چونکہ وہ فرش پر چل رہی ہے ، اس لیے فرش سے اس کا فاصلہ صفر ہی رہتا ہے - گویا چیونٹی اپنے دو فاصلوں کو تبدیل کرنے میں آزاد ہے - اس حقیقت کو سائنس کی زبان میں یوں کہا جاتا ہے کہ چیونٹی کی آزادی کے درجے (Degrees of freedom) محض دو ہیں - اب کمرے میں اڑتی ایک مکھی کو زیر غور لاؤ - مکھی اپنی اڑان کے دوران میں نہ صرف مذکورہ دو دیواروں سے اپنے فاصلے بدلتی ہے بلکہ وہ فرش سے بھی اپنا فاصلہ بدلنے پر قادر ہے - اس طرح وہ اپنے تین فاصلوں کو تبدیل کرنے میں آزاد ہے اور اس وجہ سے اس کی آزادی کے درجے (Degrees of freedom) تین ہیں - ان دو مثالوں سے آزادی کے درجے (Degrees of freedan) کا ایک واضح تصور ذہن میں آ گیا ہوگا - اس لیے ہم اس کا اطلاق اب گیس کے مالیکیولوں پر کرتے ہیں جو ہماری بحث کا موضوع ہے -

یک ایٹمی گیس میں مالیکیول کی آزادی کے درجے - جب کوئی گیس یک ایٹمی (Mono-atomic) ہوتو اس کے ایک مالیکیول میں ایک ہی ایٹم ہوتا ہے - ایسا مالیکیول جب تیز رفتاری سے حرکت کر رہا ہوتا ہے تو مذکورہ مثال کی روشنی میں اس کے آزادی کے درجے (Degrees of freedom) تین ہوتے ہیں -

دو ایٹمی گیس میں مالیکیول کی آزادی کے درجے - جب کوئی گیس دو ایٹمی (Diatomic) ہو تو اس کے ایک مالیکیول میں دو ایٹم ہوتے ہیں - ایسا مالیکیول جب تیز رفتاری سے حرکت کر رہا ہو تو اس کی اس حرکت انتقال (Translatory motion) میں آزادی کے تین درجے ہوتے ہیں- علاوہ ازیں اگر اس کے دونوں ایٹموں کو ذہن میں لایا جائے



جنھیں ایک ڈمبل (Dumn bell) کے دونوں گولوں کی طرح تصور کیا جا سکتا ہے تو چونکہ یہ دونوں ایٹم ، جو اپنی کشش کے باعث ایک خط $a\ a$ میں پیوستہ خیال کیے جا سکتے ہیں ، اوپر نیچے اور دائیں بائیں گردش کر سکتے ہیں اس لیے پورے مالیکیول میں گردش کی اس آزادی کے مزید دو درجے پائے جاتے ہیں جس کا مطلب یہ ہے کہ ایک دو ایٹمی گیس (Diatomic) کے مالیکیول میں آزادی کے درجے (Dregees of free-dom) کل پانچ ہوتے ہیں - اسی طرح ثابت کیا جا سکتا ہے کہ ایک سہ ایٹمی (Tri-atomic) گیس کے مالیکیول میں آزادی کے درجے چھ ہوتے ہیں - مالیکیول کے آزادی کے درجوں کے متعلق یہ تفصیل دینے کے بعد ، جو ایک سائنس دان بولٹزمان (Boltzmann) کے دماغ کی اختراع ہے ، اب ہم گیسوں کے حرکتی نظریے کی روشنی میں ان کی حرارت مخصوصہ (Specific heat) کی چھان بین کرتے ہیں -

میکسویل (Maxwell) نے گیس کے مالیکیولوں میں توانائی کی مساوی تقسیم کا جو قانون پیش کیا تھا بولٹزمان (Boltzmann) نے آزادی کے درجوں (Degrees of freedom) کا تصور لے کر اس کو آگے بڑھایا اور اس سے بہت اہم نتائج نکالے - اس سے پہلے ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$\frac{1}{2}mC^2=\frac{3}{2}KT$$

جب کہ $\frac{1}{2}mC^2$ ایک مالیکیول کی حرکتی توانائی ہے ، T گیس کا مطلق ٹمپریچر ہے اور K بولٹزمان کا مستقل (Boltzmann's Constant) ہے جو $\frac{R}{N}$ کے برابر ہے جب کہ R گیس کا مستقل ہے اور

N ایووگادرو عدد (Avogadro's number) ہے جو ایک گرام گیس مالیکیول میں مالیکیولوں کی تعداد کو ظاہر کرتا ہے۔

اب اگر مالیکیول کے آزادی کے تین درجے ہوں تو بولٹزمان (Boltzmann) کی توضیح کے مطابق مالیکیول کی یہ توانائی آزادی کے ہر درجے میں برابر برابر تقسیم ہو جائے گی۔ اس طرح ایک مالیکیول کی اوسط حرکتی توانائی فی درجہ آزادی (Average kinetic energy per degree of freedom) کل حرکتی توانائی کا $\frac{1}{3}$ اور اس لیے $\frac{1}{3}\times\frac{1}{2}mC^2$ ہو گی

$$\because \quad \frac{1}{2}mC^2=\frac{3}{2}KT$$

$$\therefore \quad \frac{1}{3}\times\frac{1}{2}mC^2=\frac{1}{3}\times\frac{3}{2}KT=\frac{1}{2}KT$$

اس سے ظاہر ہے کہ ایک گیس کی حرکتی توانائی فی مالیکیول فی درجہ آزادی $\frac{1}{2}KT$ ہوتی ہے۔ یہ اصول ہر تعداد کے آزادی کے درجوں (Degrees of Freedom) پر صادق آتا ہے۔ چونکہ گیس کے ایک گرام مالیکیول میں N مالیکیول ہوتے ہیں جب کہ N ایووگادرو عدد (Avogadro number) ہے اور ایک مالیکیول کی حرکتی توانائی فی درجہ آزادی $\frac{1}{2}KT$ ہے اس لیے ایک گرام مالیکیول گیس کی حرکتی توانائی فی درجہ آزادی $\frac{1}{2}NKT$ ہو جاتی ہے۔ پھر چونکہ NK کی قیمت گیس کے مستقل R کے برابر ہے اس لیے اس توانائی کی قیمت $\frac{1}{2}RT$ ہوتی ہے۔

گیسوں کی حرارت مخصوصہ۔ گیسوں کی حرارت مخصوصہ میکسویل اور بولٹزمان کی مذکورہ تصریحات سے بآسانی اخذ کی جاسکتی ہے۔ چنانچہ میکسویل کی تحقیق کے مطابق ایک گیس کا ٹمپریچر اس کے مالیکیولوں کی اوسط حرکتی توانائی کا مظہر ہوتا ہے اور ایک ہی ٹمپریچر پر مختلف گیسوں کی حرکتی توانائی فی مالیکیول برابر ہوتی ہے۔ بولٹزمان کی تصریح کے مطابق گیس کی اوسط حرکتی توانائی اس کی آزادی کے درجوں میں برابر برابر منقسم ہوتی ہے۔ چنانچہ اگر آزادی کے تین درجے ہوں تو اوسط حرکتی توانائی ان تینوں میں مساوی مساوی بٹ جاتی ہے۔

یک ایٹمی گیس کی حرارت مخصوصہ ۔ جب گیس یک ایٹمی

(monoatomic) ہو تو اس کے مالیکیول صرف انتقال (Translation) کر سکتے ہیں یعنی ایک جگہ سے دوسری جگہ منتقل ہو سکتے ہیں۔ ان میں محض ایک ایٹم ہونے کے باعث ان کے اندر ارتعاش (Vibration) یا گردش (Rotation) کا عمل نہیں ہو سکتا۔ اس وجہ سے اگر اس گیس کو مستقل حجم پر رکھ کر اسے حرارت دی جائے تو یہ حرارت اس کی انتقال (Translation) کی حرکی توانائی بڑھانے ہی کے کام آتی ہے۔ پھر چونکہ مالیکیول کے انتقال میں آزادی کے تین درجے ہیں، اور آزادی کے ایک درجے میں حرکتی توانائی فی مالیکیول $\frac{1}{2}KT$ ہوتی ہے، اس لیے تینوں درجوں کے لیے انتقال کی کل حرکتی توانائی $3\times\frac{1}{2}KT$ یعنی $\frac{3}{2}KT$ ہو گی۔ پھر اگر گیس کی مقدار ایک گرام مالیکیول ہو جس میں N مالیکیول ہوتے ہیں اور T ٹمپریچر پر اس کی کل توانائی U ہو تو

$$U=\tfrac{3}{2}KT\times N=\tfrac{3}{2}NKT$$

$$\because \quad NK=R$$

$$\therefore \quad U=\tfrac{3}{2}RT$$

اگر مستقل حجم پر گیس کی حرارت مخصوصہ C_v ہو تو

$$C_v=\frac{dU}{dT}$$

$$\because \quad U=\tfrac{3}{2}RT$$

$$\therefore \quad C_v=\tfrac{3}{2}R$$

چونکہ R کی قیمت $8{\cdot}32\times10^7$ ارگ ہے اور حرارت کے کار مساوی J کی قیمت $4{\cdot}186\times10^7$ ارگ ہے، اس لیے

$$C_v=\frac{3\times8{\cdot}32\times10^7}{2}\ \text{(ارگ)}$$

$$=\frac{3\times8{\cdot}32\times10^7}{2\times4{\cdot}186\times10^7}\ \text{(کلوری)}$$

یا

$$C_v=2{\cdot}98\ \text{(کلوری)}$$

علاوہ ازیں اگر مستقل دباؤ پر گیس کی حرارت مخصوصہ C_p ہو تو چونکہ

$$C_p - C_v = R$$

$$\therefore \quad C_p = C_v + R$$

$$= \tfrac{3}{2} R + R = \tfrac{5}{2} R$$

$$= \frac{5 \times 8{\cdot}32 \times 10^7}{2 \times 4{\cdot}186 \times 10^7}$$

$$= 4{\cdot}96 \text{ (کلوری)}$$

تجربے سے معلوم ہوتا ہے کہ آرگن کے لیے جو ایک یک ایٹمی (Monoa-tomic) گیس ہے، مستقل حجم پر حرارت مخصوصہ (C_v) کی قیمت 2·97 کلوری ہے، جو گیسوں کے حرکتی نظریے سے نکالی ہوئی قیمت 2·98 کلوری سے حیرت انگیز طور پر برابر ہے۔ نیز دوسری یک ایٹمی گیسوں مثلاً ہیلیم (Helium)، نیون (Neon)، کرپٹون (Krypton) کے لیے بھی C_v کی قیمت 2·98 کے نہایت قریب نکلتی ہے اور یہ سب امور گیسوں کے حرکتی نظریے کی تصدیق کرتے ہیں۔

علاوہ ازیں حرکتی نظریے سے معلوم ہوتا ہے کہ یک ایٹمی گیسوں کے لیے C_v اور C_p کی قیمتیں تمام ٹمپریچروں پر یکساں رہتی ہیں اور ٹمپریچر کی کمی یا زیادتی سے ان میں کچھ فرق نہیں آتا۔ یہ بات بھی تجربے سے ثابت ہوتی ہے۔

دو ایٹمی گیسوں کی حرارت مخصوصہ۔ جب گیس دو ایٹمی (Dia-tomic) ہو تو اس کے مالیکیول میں انتقال (Translation) اور گردش (Rotation) دونوں حرکتیں موجود ہوتی ہیں۔ اس لیے جہاں تک اس کے آزادی کے درجوں (Degrees of freedom) کا تعلق ہے، اس میں انتقال کے باعث آزادی کے تین درجے اور گردش کے باعث آزادی کے دو درجے یعنی آزادی کے کل پانچ درجے پائے جاتے ہیں۔ اب یہ پہلے بیان ہو چکا ہے کہ آزادی کے ایک درجے میں حرکتی توانائی فی مالیکیول $\tfrac{1}{2}KT$ ہوتی ہے۔ اس لیے پانچ درجوں کے لیے کل حرکتی توانائی $5 \times \tfrac{1}{2}KT$

یعنی $\frac{5}{2}KT$ ہو گی - پھر اگر گیس کی مقدار ایک گرام مالیکیول ہو جس میں N مالیکیول ہوتے ہیں اور T ٹمپریچر پر اس کی کل توانائی U ہو تو

$$U=\frac{5}{2}KT\times N=\frac{5}{2}NKT$$

$$\because \quad NK=R$$

$$\therefore \quad U=\frac{5}{2}RT$$

$$\therefore \quad C_v=\frac{dU}{dT}=\frac{5}{2}R$$

$$=\frac{5\times 8{\cdot}32\times 10^7}{2}\ \text{(ارگ)}$$

$$=\frac{5\times 8{\cdot}32\times 10^7}{2\times 4{\cdot}186\times 10^7}\ \text{(کلوری)}$$

$$=4{\cdot}96\ \text{(کلوری)}$$

$$\because \quad C_p-C_v=R$$

$$\therefore \quad C_p=C_v+R=\frac{5}{2}R+R=\frac{7}{2}R$$

$$=\frac{7\times 8{\cdot}32\times 10^7}{2\times 4{\cdot}186\times 10^7}=6{\cdot}94\ \text{(کلوری)}$$

تجربے سے معلوم ہوتا ہے کہ دو ایٹمی (Diatomic) گیسوں مثلاً ہائیڈروجن ، آکسیجن ، نائٹروجن وغیرہ کے لیے C_v کی قیمت 5 کے لگ بھگ ہوتی ہے اور اس طرح یہ قیمت حرکتی نظریے (Kinetic theory) سے نکالی ہوئی قیمت (4·96) کے برابر ہو جاتی ہے جس سے حرکتی نظریے کی صداقت میں ایک اور ثبوت فراہم ہو جاتا ہے -

البتہ ایک امر ایسا ہے جس میں حرکتی نظریے سے اخذ کیا ہوا نتیجہ تجربے کے مطابق پورا نہیں اترتا - حرکتی نظریے کے مطابق دو ایٹمی (Diatomic) گیسوں کے لیے C_v کی قیمت تمام ٹمپریچروں پر ایک سی رہتی ہے کیونکہ C_v محض $\frac{5}{2}R$ کے برابر ہوتی ہے جس میں ٹمپریچر T کہیں نہیں آتا - لیکن تجربے سے معلوم ہوتا ہے کہ دو ایٹمی گیسوں

کے لیے C_v کی قیمت ٹمپریچروں کے ساتھ ، خاص طور پر نیچے ٹمپریچروں پر بدل جاتی ہے - چنانچہ ایک سائنس دان یوکن (Eucken) نے تجربے سے ثابت کیا ہے کہ ہائیڈروجن کے لیے C_v کی قیمت نیچے ٹمپریچروں پر 2.98 کلوری رہ جاتی ہے جو یک ایٹمی گیسوں کی C_v کے برابر ہے - اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ نیچے ٹمپریچروں پر ہائیڈروجن کے مالیکیولوں میں صرف انتقال کی حرکت باقی رہ جاتی ہے اور گردش کی حرکت جاتی رہتی ہے جس سے دو ایٹمی (ہائیڈروجن) گیس کے مالیکیولوں کی حرکت ایک ایٹمی گیس کے مالیکیولوں کی حرکت سے مشابہ ہو جاتی ہے اور اس دو ایٹمی گیس کے لیے C_v کی قیمت بھی وہی نکلتی ہے جو یک ایٹمی گیس کے لیے ہوتی ہے -

کثیر ایٹمی گیسوں کی حرارت مخصوصہ - کثیر ایٹمی (Poly-atomic) گیسوں میں مالیکیول کی آزادی کے تین درجے تو اس کے انتقال کی حرکت کے باعث ہوتے ہیں اور باقی درجے اس کے اندر کے ایٹموں کی گردش اور ارتعاش کے باعث پیدا ہوتے ہیں - ایٹموں کی تعداد کے زیادہ ہونے کے باعث یہ اندرونی حرکتیں کافی پیچیدہ ہو جاتی ہیں اور ان کی آزادی کے درجوں کا صحیح صحیح تخمینہ لگانا کافی مشکل ہو جاتا ہے - البتہ اتنا کہا جا سکتا ہے کہ سہ ایٹمی (Tri-atomic) گیسوں میں آزادی کے کل درجے (جن میں انتقال کی آزادی کے تین درجے بھی شامل ہیں) چھ یا سات ہوتے ہیں اور زیادہ ایٹم کی گیسوں میں آزادی کے کل درجوں کی تعداد اس سے بھی زیادہ ہو جاتی ہے - اس کا نتیجہ یہ ہے کہ کثیر ایٹمی گیسوں میں C_v کی قیمت 6 سے زیادہ بڑھ جاتی ہے - چنانچہ ایسٹیلین (Acetyline) گیس (C_2H_2) کے لیے C_v کی قیمت 9 ، میتھین (Methane) گیس (CH_4) کے لیے C_v کی قیمت 10 اور کلوروفارم کے بخارات کے لیے C_v کی قیمت 15 ہو جاتی ہے -

ایک گرام اور ایک گرام مالیکیول کے لیے C_v کی قیمتیں - اوپر کی بحث میں C_v کی جو قیمتیں مذکور ہوئی ہیں وہ ایک گرام گیس کی بجائے ایک گرام مالیکیول گیس کے لیے ہیں - مگر عرف عام میں جب ہم

مستقل حجم پر کسی گیس کی حرارت مخصوصہ یعنی C_v کا ذکر کرتے ہیں تو اس سے اس گیس کے ایک گرام کی حرارت مخصوصہ مراد ہوتی ہے اور حرارت مخصوصہ کے نقشوں میں بھی جو عام کتابوں میں ملتے ہیں ، C_v کی یہی قیمت درج ہوتی ہے۔ البتہ C_v کی جو قیمت گیسوں کے حرکتی نظریے میں سے اخذ کی جاتی ہے اور جو یک ایٹمی گیسوں کے لیے $\frac{3}{2}R$ اور دو ایٹمی گیسوں کے لیے $\frac{5}{R}$ ہوتی ہے ، وہ ایک گرام مالیکیول گیس کی ہوتی ہے ۔ اس وجہ سے C_v کی ان دونوں قیمتوں کا فرق ذہن میں رکھنا ضروری ہے ۔ اس کی مزید تفصیل ذیل کی مثالوں سے ہو سکتی ہے۔

آکسیجن کے لیے C_v کی عام قیمت جو تعریف کے مطابق اس گیس کے ایک گرام کے لیے ہوتی ہے ، 0·21 کلوری فی گرام ہے ۔ آکسیجن (O_2) کا مالیکیولی وزن 32 ہے ۔ اس وجہ سے اس گیس کا ایک گرام مالیکیول 32 گرام کا ہوتا ہے اور اس کے ایک گرام مالیکیول کے لیے C_v کی قیمت 32 گنا یعنی 6·7 کے لگ بھگ ہو جاتی ہے ۔

ہائیڈروجن کے لیے C_v کی عام قیمت جو اس گیس کے ایک گرام کے لیے ہوتی ہے ، 3·4 کلوری فی گرام ہے ۔ ہائیڈروجن کا مالیکیولی وزن 2 ہے ۔ اس وجہ سے اس گیس کا ایک گرام مالیکیول 2 گرام کا ہوتا ہے اور اس کے ایک گرام مالیکیول کے لیے C_v کی قیمت دوگنا یعنی 6·8ہو جاتی ہے ۔

ٹھوس اشیا کی حرارت مخصوصہ ۔ حرکتی نظریے کی مدد سے ٹھوس اشیا کی حرارت مخصوصہ بھی اوپر کے طریقے یعنی توانائی کی برابر تقسیم اور آزادی کے درجوں کی تفصیل سے معلوم کی جا سکتی ہے ۔ کسی ٹھوس عنصر کے ایٹموں کو ہم نہایت ننھے ننھے لچک دار گولے خیال کر سکتے ہیں جو دوسرے ایٹموں کی کشش کے باعث اپنے اپنے مقام پر قائم رہتے ہیں اور اس مقام کے گرد ایک چھوٹی سی جگہ میں سادہ موسیقائی حرکت (Simple harmonic motion) سے جھولتے ہیں ۔

ایسے عنصر کے ایٹم میں جھولاؤ کی اس حرکت کے لیے آزادی کے تین درجے ہو سکتے ہیں - اور چونکہ آزادی کے ہر درجے کے لیے حرکتی توانائی $\frac{1}{2}KT$ ہوتی ہے ، اس لیے ایٹم کی کل حرکتی توانائی اس کا 3 گنا یعنی $\frac{3}{2}KT$ ہو گی - اب چونکہ ایٹم کی حرکت سادہ موسیقائی (Simple harmonic) ہے اور سادہ موسیقائی حرکت کے دوران میں اوسط حرکتی توانائی (Average kinetic energy) اوسط بستہ توانائی (Average kinetic energy) کے برابر ہوتی ہے ، اس لیے ایٹم میں بستہ توانائی بھی اتنی یعنی $\frac{3}{2}KT$ پائی جاتی ہے - اس طرح ایٹم کی کل توانائی $\frac{3}{2}KT + \frac{3}{2}KT$ یعنی 3KT ہو جاتی ہے - اب اگر ایک گرام ایٹم دیے ہوئے ٹھوس عنصر کو زیر غور لایا جائے اور اس کی کل توانائی کو U سے تعبیر کیا جائے تو چونکہ ایک گرام ایٹم میں N ایٹم پائے جاتے ہیں ، جب کہ N ایووگادرو عدد (Avogadro number) ہے تو

$$U = 3KT \times N = 3NKT$$

$$\because \quad NK = R$$

$$\therefore \quad U = 3RT$$

اگر دی ہوئی شے کی ایٹمی حرارت C_v ہو تو

$$C_v = \frac{dU}{dT} = 3R$$

$$\because \quad R = 8{\cdot}32 \times 10^7 \text{ (ارگ)}$$

$$= \frac{8{\cdot}32 \times 10^7}{4{\cdot}186 \times 10^7} \text{ (کلوری)}$$

$$\therefore \quad C_v = \frac{3 \times 8{\cdot}32 \times 10^7}{4{\cdot}186 \times 10^7} = 5{\cdot}96 \text{ (کلوری)}$$

اس سے ظاہر ہے کہ تمام ٹھوس عنصروں کے لیے ایٹمی حرارت (Atomic heat) کی قیمت 6 کلوری ہوتی ہے اور اس کو اس عنصر کے ایٹمی وزن کے برابر تقسیم کرنے سے اس کی حرارت مخصوصہ نکل آتی ہے -

اس سے پہلے حرارت مخصوصہ کے باب میں دولان اور پیٹی کا قانون بیان کیا جا چکا ہے جو بتاتا ہے کہ ایک عنصر کے ایٹمی وزن اور اس کی حرارت مخصوصہ کی حاصل ضرب جو اس کے ایک گرام ایٹم کی حرارت مخصوصہ کے برابر ہوتی ہے اور **ایٹمی حرارت** کہلاتی ہے، سب عنصروں کے لیے مستقل اور 6 کے لگ بھگ ہوتی ہے - یہ قانون تجربے پر مبنی ہے اور اس وجہ سے یہ ایک تجرباتی قانون (Empirical law) ہے - لیکن چونکہ حرکتی نظریے (Kinetic theory) سے ٹھوس عناصر کے لیے ایٹمی حرارت کی جو قیمت نکلتی ہے وہ اوپر کی تفصیل کے مطابق بھی قریباً 6 ہی ہوتی ہے اس لیے **دولان اور پیٹی کے قانون** (Dulong and Petit's law) **کی تصدیق بھی حرکتی نظریے سے ہو جاتی ہے** - لیکن ایک امر ایسا ہے جس میں تجربہ نظریے (Theory) کا ساتھ نہیں دیتا - حرکتی نظریے سے ایٹمی حرارت کی قیمت 3R نکلتی ہے جو R کی قیمت کلوریوں میں لینے سے 6 کے لگ بھگ ہو جاتی ہے - چونکہ R ایک مستقل ہے جس کا انحصار T وغیرہ پر نہیں ہے، اس سے ظاہر ہے کہ حرکتی نظریے (Kinetic theory) کے مطابق ٹھوس عنصروں کی ایٹمی حرارت ہر ٹمپریچر پر یکساں رہتی ہے اور ٹمپریچر کے گھٹنے بڑھنے سے اس کی قیمت پر کچھ فرق نہیں پڑتا - یہ بات تجربے کی کسوٹی پر صحیح نہیں اترتی، کیونکہ تجربے کے مطابق نیچے ٹمپریچروں پر ایٹمی حرارت کی قیمت کافی گھٹ جاتی ہے - علاوہ ازیں ایٹمی حرارت کی قیمت میں یہ کمی بتدریج ہوتی ہے جس کو آزادی کے درجوں کی تعداد کے گھٹ جانے پر محمول نہیں کیا جا سکتا - کیونکہ اگر آزادی کا درجہ بقدر ایک کے کم ہو جائے تو اس سے ایٹمی حرارت میں دفعتہ $\frac{1}{2}$R کی کمی پیدا ہونی چاہیے، لیکن ایٹمی حرارت میں کمی دفعتہ اور اس خاص مقدار میں نہیں ہوتی بلکہ چھوٹے پیمانے پر اور بتدریج ہوتی ہے جس کو آزادی کے درجے کی کمی کا نتیجہ قرار نہیں دیا جا سکتا کیونکہ آزادی کے درجے کی کمی بقدر ایک کے ہی ہو سکتی ہے، ایک کی کسی کسر کے بقدر نہیں ہو سکتی - یہاں پہنچ کر **حرارتی نظریے اور تجربے میں مطابقت نہیں رہتی** - البتہ اگر کوانٹم نظریے

(Quantum theory) کو اس تمام بحث میں شامل کر لیا جائے اور زیر بحث مسئلے کی چھان بین میں کوانٹم نظریے (Quantum theory) کے مطابق ترمیمیں کر لی جائیں تو پھر نظریے (Theory) اور تجربے کا یہ فرق مٹ جاتا ہے -

گیسوں کی حرارت مخصوصہ کی باھمی نسبت - جیسا کہ پہلے بیان ہو چکا ہے ہرگیس کے لیے حرارت مخصوصہ دو ہوتی ہیں - ایک مستقل حجم پر حرارت مخصوصہ جسے C_v سے ظاہر کیا جاتا ہے اور دوسری مستقل دباؤ پر حرارت مخصوصہ جسے C_p سے تعبیر کیا جاتا ہے - اگر ان کی باھمی نسبت کو γ سے ظاہر کیا جائے تو

$$\gamma=\frac{C_p}{C_v}$$

چونکہ مستقل دباؤ پر حرارت مخصوصہ یعنی C_p ، مستقل حجم پر حرارت مخصوصہ یعنی C_v سے ہمیشہ زیادہ ہوتی ہے اس لیے γ جو ان دونوں کی نسبت ہے ، ہمیشہ ایک سے زیادہ ہوتی ہے -

اب ہم حرکتی نظریے کی روشنی میں γ کی قیمت اخذ کرتے ہیں - سب سے پہلے کسی یک ایٹمی (Mono-atomic) گیس کو زیر غور لائیے- اس کے ایک گرام مالیکیول کے لیے

$$C_v=\frac{3R}{2}$$

$$C_p=C_v+R=\frac{3R}{2}+R=\frac{5R}{2}$$

$$\therefore \quad \gamma=\frac{C_p}{C_v}=\frac{5R}{2}\Big/\frac{3R}{2}=\frac{5}{3}=1{\cdot}66$$

γ کی یہ قیمت جو حرکتی نظریے سے اخذ کی گئی ہے تجربے کے مطابق ثابت ہوتی ہے - مثلاً آرگن ایک یک ایٹمی (Mono-atomic) گیس ہے - اس کی دونوں حرارت مخصوصہ کی نسبت γ تجربے سے بھی 1·66 ھی نکلتی ہے -

اب ایک، دو ایٹمی (Diatomic) گیس کو زیر غور لائیے - اس کے ایک گرام مالیکیول کے لیے

$$C_v = \tfrac{5}{2}R$$

$$C_p = C_v + R = \tfrac{5}{2}R + R = \tfrac{7}{2}R$$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{2}R \Big/ \frac{5}{2}R = \frac{7}{2} = 1{\cdot}4$$

دو ایٹمی گیس کے لیے γ کی یہ قیمت بھی جو ایٹمی نظریے سے اخذ کی گئی ہے، تجربے کے مطابق ثابت ہوتی ہے - مثلاً آکسیجن ایک دو ایٹمی (Diatomic) گیس ہے - اس کے لیے دونوں حرارت مخصوصہ کی نسبت γ تجربے سے بھی 1·4 ہی نکلتی ہے - اسی طرح ہائیڈروجن بھی دو ایٹمی (Diatomic) گیس ہے - جب تجربے سے اس گیس کے لیے γ کی قیمت معلوم کی جاتی ہے تو وہ 1·42 نکلتی ہے جو حرکتی نظریے سے اخذ کی ہوئی قیمت کے مطابق ہے -

کسی گیس کے مالیکیول کی کامل توانائی اور اس کی انتقال کی توانائی کی باہمی نسبت - جب کوئی گیس دو ایٹمی (Di-atomic)، سہ ایٹمی (Tri-atomic) یا کثیر ایٹمی (Multi-atomic) ہو تو اس کے مالیکیول میں انتقال کی حرکت کے ساتھ ساتھ اس کے اندر ایٹموں کی گردشی حرکت یا ارتعاشی حرکت بھی پائی جاتی ہے - اس وجہ سے ایسے مالیکیول کی توانائی دو حصوں میں بٹ جاتی ہے - (ایک) انتقال کی حرکت کی توانائی جسے **انتقالی توانائی** (Tranlational energy) کہا جاتا ہے اور (دوسری) اندرونی حرکت کی توانائی ہے جو **اندرونی توانائی** (Internal energy) کہلاتی ہے - مالیکیول کی پوری توانائی ان دونوں کا مجموعہ ہوتی ہے - البتہ اگر گیس یک ایٹمی (Mono-atomic) ہو تو اس کی ساری توانائی انتقالی ہوتی ہے اور اس وجہ سے اس کی اندرونی توانائی صفر ہو جاتی ہے -

اگر کسی کثیر ایٹمی گیس کے ایک گرام مالیکیول کو dT ٹمپریچر تک گرام کیا جائے تو اس کی پوری توانائی میں زیادتی $C_v dT$

هوتی ہے جب کہ گیس کے ایک گرام مالیکیول کے لیے مستقل حجم پر حرارت مخصوصہ C_v ہو - ادھر اس عمل میں جتنی انتقالی توانائی کی زیادتی پیدا ہوتی ہے وہ $\frac{3}{2}RdT$ کے برابر ہوتی ہے - اس لیے اگر انتقالی توانائی کی زیادتی اور کل توانائی کی زیادتی کی باہمی نسبت β ہو تو

$$\beta = \frac{\text{انتقالی توانائی کی زیادتی}}{\text{کل توانائی کی زیادتی}} = \frac{\frac{3}{2}RdT}{C_v dT} = \frac{3}{2}\ \frac{R}{C_v}$$

$$\because \quad R = C_p - C_v$$

$$\therefore \quad \beta = \frac{3}{2} \times \frac{C_p - C_v}{C_v} = \frac{3}{2}\left(\frac{C_p}{C_v} - 1\right)$$

$$\because \quad \frac{C_p}{C_v} = \gamma$$

$$\therefore \quad \beta = \frac{3}{2}(\gamma - 1)$$

اب اگر کوئی گیس دو ایٹمی ہو تو اس کے لیے چونکہ γ کی قیمت $\frac{7}{5}$ ہوتی ہے اس لیے ایسی گیس کے لیے

$$\beta = \frac{3}{2}\left(\frac{7}{5} - 1\right) = \frac{3}{2} \times \frac{2}{5} = \frac{3}{5}$$

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ **دو ایٹمی گیس میں انتقالی توانائی کل توانائی کا $\frac{3}{5}$ حصہ اور اس وجہ سے اندرونی توانائی کل توانائی کا $\frac{2}{5}$ حصہ ہوتی ہے** - اس سے یہ بھی معلوم ہوتا ہے کہ ایسی گیس میں اندرونی توانائی انتقالی توانائی کا $\frac{2}{3}$ یعنی دو تہائی حصہ ہو جاتی ہے - گویا انتقالی توانائی زیادہ اور اندرونی توانائی اس سے کم ہوتی ہے -

اگر کوئی گیس سہ ایٹمی ہو تو اس کے لیے چونکہ γ کی قیمت $\frac{4}{3}$ ہوتی ہے اس لیے ایسی گیس کے لیے

$$\beta = \frac{3}{2}\left(\frac{4}{3} - 1\right) = \frac{3}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{2}$$

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ **سہ ایٹمی گیس میں انتقالی توانائی کل توانائی کا $\frac{1}{2}$ حصہ اور اس وجہ سے اندرونی توانائی بھی کل توانائی کا $\frac{1}{2}$ حصہ ہو جاتی ہے** - اس سے یہ بھی معلوم ہوتا ہے کہ ایسی گیس میں اندرونی توانائی انتقالی توانائی کے برابر ہوتی ہے -

جب گیس اس سے بھی زیادہ کثیر ایٹمی ہو تو γ کی قیمت ایک کے قریب تر ہوتی جاتی ہے اور $\gamma-1$ کی قیمت قلیل تر ہوتی ہے جس سے β کی قیمت بھی گھٹ جاتی ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے زیادہ کثیر ایٹمی گیسوں کے لیے انتقالی توانائی کم اور اس وجہ سے اندرونی توانائی زیادہ ہوتی جاتی ہے۔

اب ہم یک ایٹمی گیس کی طرف آتے ہیں۔ ایسی گیس کے لیے چونکہ γ کی قیمت $\frac{5}{3}$ ہوتی ہے، اس لیے اس گیس کے لیے

$$\beta=\frac{3}{2}(\gamma-1)=\frac{3}{2}(\frac{5}{3}-1)=\frac{3}{2}\times\frac{2}{3}=1$$

اس کا مطلب یہ ہے کہ یک ایٹمی گیس میں انتقالی توانائی کل توانائی کے برابر ہوجاتی ہے اور اس وجہ سے اس کی اندرونی توانائی صفر ہو جاتی ہے۔ در اصل ایسا ہونا بھی چاہیے کیونکہ ایسی گیس کے مالیکیول میں صرف ایک ایٹم ہونے کے باعث اس کی ساری توانائی انتقالی ہی ہو سکتی ہے اس سے ہمیں یک ایٹمی گیسوں کی پہچان اور ان کے ایٹمی وزن کی دریافت کا ایک آسان طریقہ حاصل ہوتا ہے۔ چنانچہ جامد (Inert) گیسوں مثلاً آرگن، ہیلیم، نیون وغیرہ کا ایٹمی وزن اسی طریقے سے معلوم کیا گیا تھا۔ یہ گیسیں دوسرے عناصر کے ساتھ کیمیائی ملاپ نہیں کرتیں، اس لیے کیمیائی طریقوں سے ان کا ایٹمی وزن معلوم نہیں کیا جا سکتا۔ البتہ جب ہم ان گیسوں کے لیے γ کی قیمت تجربے سے دریافت کرتے ہیں تو وہ 1·66 یعنی $\frac{5}{3}$ نکلتی ہے۔ اس قیمت کو

$$\beta=\frac{3}{2}(\gamma-1)$$

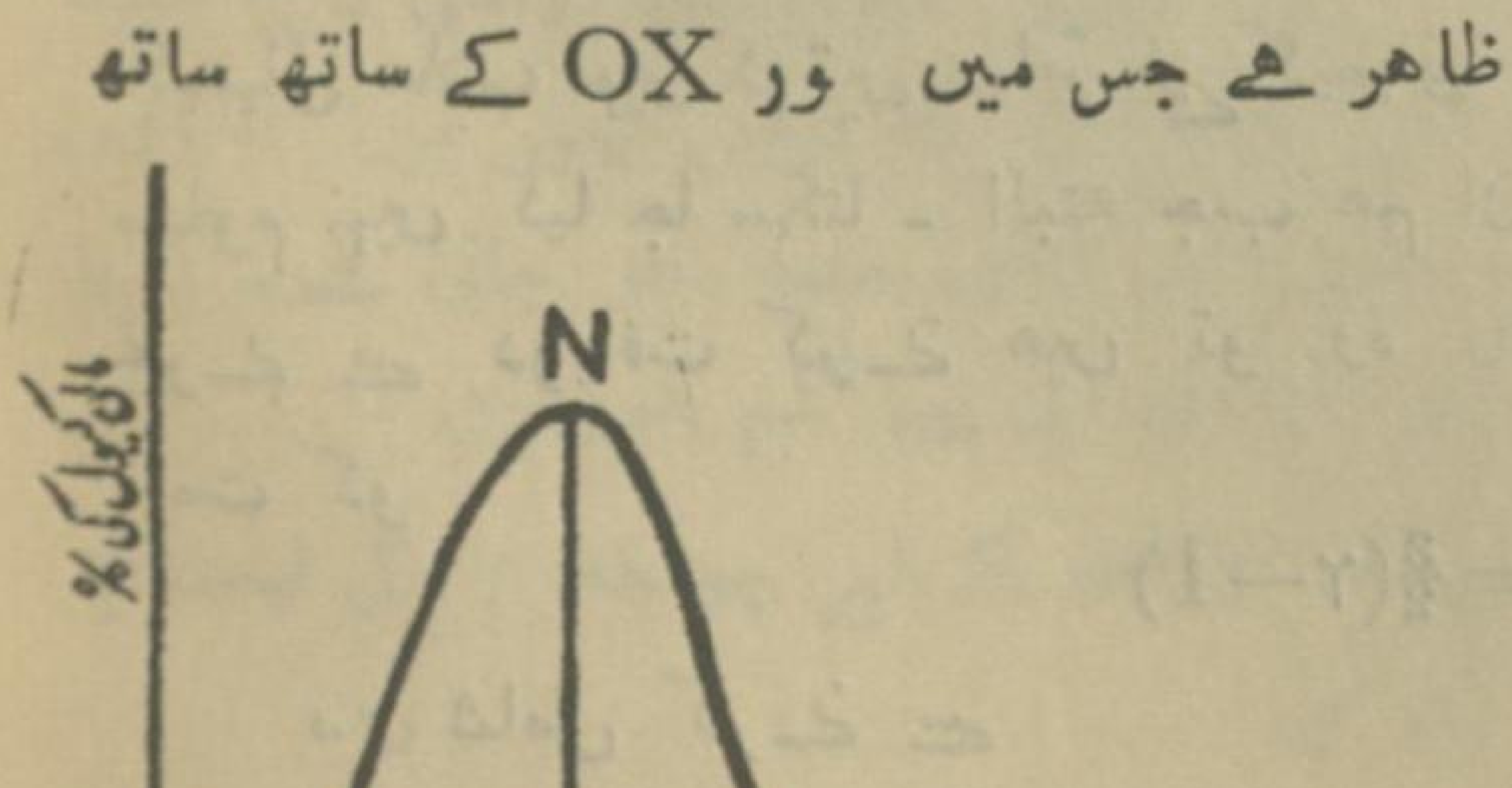
میں شامل کرنے سے

$$\beta=\frac{3}{2}\ (\frac{5}{3}-1)=\frac{3}{2}\times\frac{2}{3}=1$$

اس سے واضح ہو جاتا ہے کہ ان گیسوں کے ہر مالیکیول میں انتقالی توانائی کل توانائی کے برابر ہوتی ہے اور اس وجہ سے اس کی اندرونی توانائی صفر ہوتی ہے۔ یہ اس امر کا ثبوت ہے کہ ان گیسوں کے ہر مالیکیول میں صرف ایک ہی ایٹم ہوتا ہے اور اس وجہ سے ان کا

مالیکیولی وزن ان کے ایٹمی وزن کے برابر ہوتا ہے ۔ اس انکشاف کے بعد اگر بخاراتی کثافت (Vapour density) کے طریقے سے ان گیسوں کا مالیکیولی وزن دریافت کر لیا جائے تو ان کا ایٹمی وزن آپ سے آپ معلوم ہو جاتا ہے ۔ جامد گیسوں (Inert gases) کا یک ایٹمی ہونا اسی طرح ثابت ہوا تھا اور اسی طریقے سے اُن کے ایٹمی وزن معلوم کیے گئے تھے ۔

میکسویل کا رفتاروں کی تقسیم کا نظریہ ۔ میکسویل (Maxwell) نے ریاضی کی رو سے ثابت کیا کہ ایک خاص ٹمپریچر پر کسی گیس کے دیے ہوئے نمونے میں مالیکیولوں کی سب سے زیادہ فی صد تعداد کی رفتار $\sqrt{\frac{2KT}{m}}$ ہوتی ہے جب کہ K بولٹزمان کا مستقل (Boltz-mannn's constant) ہو ، m ہر مالیکیول کی کمیت یعنی ماس (Mass) ہو اور T گیس کا ٹمپریچر (مطلق درجوں میں) ہو ۔ گیس کے اس نمونے میں ان مالیکیولوں کی فی صد تعداد ، جن کی رفتار اس قیمت $\sqrt{\frac{2KT}{m}}$ سے بہت زیادہ یا بہت کم ہو، ہمیشہ نہایت قلیل ہوتی ہے ۔ یہ حقیقت ذیل کے گراف سے ظاہر ہے جس میں ور OX کے ساتھ ساتھ



رفتار کو اور محور OY کے ساتھ ساتھ مالیکیولوں کی فی صد تعداد کو ظاہر کیا گیا ہے ۔ اس گراف میں OM اس رفتار کو ظاہر کرتا ہے جو $\sqrt{\frac{2KT}{m}}$ کے برابر ہے اور مالیکیولوں کی سب سے زیادہ فی صد تعداد یہی رفتار رکھتی ہے ۔ ایسے مالیکیول موجود تو ضرور ہیں جن کی رفتار OM سے بہت کم یا بہت زیادہ ہو مگر ان کی فی صد تعداد قلیل ہوتی ہے ۔ جب ٹمپریچر T

بڑھتا ہے تو $\sqrt{\frac{2KT}{m}}$ کی قیمت بڑھ جاتی ہے جس کے باعث OM کی لمبائی زیادہ ہو جاتی ہے اور نقطہ M محور OX پر پرے ہٹ جاتا ہے -

بولٹزمان (Botlzmann) نے بھی ریاضی کی مدد سے ثابت کیا کہ میکیسویل کا وضع کردہ تقسیم رفتار کا یہ کلیہ ہی وہ واحد کلیہ ہے جو گیس کی برقرار (Steady) حالت پر صادق آتا ہے - اور اگر عارضی طور پر گیس میں یہ تقسیم رفتار کسی وجہ سے بدل جائے تو گیس کے مالیکیولوں میں باہمی تصادم اس طور سے ہوتے ہیں کہ بالآخر ان کی اکثریت کی رفتار $\sqrt{\frac{2KT}{m}}$ یا اس کے قریب ہو جاتی ہے اور اس کے بعد گیس کی حالت میں ایک ٹھہراؤ پیدا ہو جاتا ہے -

یہاں یہ امر قابل ذکر ہے کہ گیس کے مالیکیولوں کی جذری اوسط مربع رفتار (Root mean square velocity) کی قیمت $\sqrt{\frac{3KT}{m}}$ یعنی قریباً $1{\cdot}7 \times \sqrt{\frac{KT}{m}}$ ہوتی ہے جب کہ ان کی اکثریت کی رفتار $\sqrt{\frac{2KT}{m}}$ یعنی قریباً $1{\cdot}4 \times \sqrt{\frac{KT}{m}}$ ہے - اس سے ظاہر ہے کہ **مالیکیولوں کی جذری اوسط مربع رفتار ان کی اکثریت کی رفتار سے کچھ زیادہ ہوتی ہے -**

جہاں تک مالیکیولوں کی اوسط رفتار کا تعلق ہے یہ رفتار جذری اوسط مربع رفتار کا 0·9 ہوتی ہے جس سے اوسط رفتار کی قیمت $\sqrt{\frac{KT}{m}} \times 1{\cdot}7 \times 0{\cdot}9$ یعنی $\sqrt{\frac{KT}{m}} \times 1{\cdot}5$ ہو جاتی ہے - یہ اوسط رفتار مالیکیولوں کی اکثریت کی رفتار یعنی $\sqrt{\frac{KT}{m}} \times 1{\cdot}4$ کے قریباً برابر ہے اور ایسا ہونا بھی چاہیے -

مالیکیولوں کے درمیان اوسط فاصلہ ۔ گیس کے ایک گرام مالیکیول میں 6×10^{23} مالیکیول ہوتے ہیں اور معیاری حالات میں ایک گرام مالیکیول گیس کا حجم 22·4 لیٹر یعنی 22400 مکعب سنٹی میٹر ہوتا ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ معیاری حالات یعنی نارمل ٹمپریچر اور دباؤ کے ماتحت گیس کا حجم فی مالیکیول $\frac{22400}{6 \times 10^{23}}$ یعنی قریباً 37×10^{-21} مکعب سنٹی میٹر ہوتا ہے ۔ اب اگر ہم گیس کو ایسے مکعبوں میں تقسیم شدہ خیال کریں جس کا حجم اس قدر یعنی 37×10^{-21} مکعب سنٹی میٹر ہو تو ایسے ہر مکعب کے حصے میں ایک ایک مالیکیول آئے گا جسے اس مکعب کے مرکز میں تصور کیا جا سکتا ہے ۔ اس طرح دو مالیکیولوں کے درمیان فاصلہ اس مکعب کے ایک ضلعے کے برابر ہوگا ۔ چونکہ اس مکعب کا ایک ضلع $\sqrt[3]{37 \times 10^{-21}}$ یا $3 \cdot 4 \times 10^{-7}$ سنٹی میٹر ہے اس لیے گیس کے دو دو مالیکیولوں کے درمیان اوسط فاصلہ $3 \cdot 4 \times 10^{-7}$ سنٹی میٹر ہوگا ۔ پھر چونکہ گیس کے مالیکیول کا سائز مختلف گیسوں کے لیے 2×10^{-8} سنٹی میٹر اور 3×10^{-8} سنٹی میٹر کے درمیان ہوتا ہے ، اس سے ظاہر ہے کہ گیس کے دو مالیکیولوں کے درمیان فاصلہ ان مالیکیولوں کے سائز سے قریباً 10 گنے سے زیادہ ہوتا ہے ۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ **گیس کے مالیکیول مجموعی حیثیت سے ایک دوسرے سے کافی دور ہوتے ہیں ۔**

اب کسی مائع مثلاً پانی کو لیجیے ۔ پانی کے ایک گرام مالیکیول کا حجم 18 مکعب سنٹی میٹر ہوتا ہے اس لیے پانی کا حجم فی مالیکیول $\frac{18}{6 \times 10^{23}}$ یعنی 30×10^{-24} ہو جاتا ہے ۔ اس سے پانی کے دو مالیکیولوں کا اوسط فاصلہ $\sqrt[3]{30 \times 10^{-24}}$ یعنی 3×10^{-8} سنٹی میٹر نکلتا ہے ۔ چونکہ پانی کے مالیکیول کا سائز بھی قریباً اتنا ہی ہوتا ہے اس سے ظاہر ہے کہ پانی کے مالیکیول آپس میں قریباً ملے ہوئے ہوتے ہیں ۔ اس وجہ سے مائعات میں مالیکیولوں کی حرکت بہت محدود

هو جاتی ہے - علاوہ ازیں مالیکیولوں کے قریب قریب ہونے کے باعث ان کے درمیان مالیکیولی کشش کافی زیادہ ہوتی ہے جس کی وجہ سے مائع کا حجم برقرار رہتا ہے - البتہ مائع کی سطح پر جو مالیکیول موجود ہوتے ہیں ان میں سے بعض اپنی حرکت کے باعث دیگر مالیکیولوں کے حلقے سے نکل جاتے ہیں اور باہر ہوا میں ملتے جاتے ہیں - یہ عمل مائع کی سطح پر مدھم مدھم ہوتا رہتا ہے اور تبخیر (Evaporation) کہلاتا ہے - جب مائع کو گرم کیا جاتا ہے تو اس کے مالیکیولوں کی حرکتی توانائی بڑھ جاتی ہے جس کے باعث اس کی سطح پر کے مالیکیولوں کے لیے اپنی تیز حرکت کے سبب سے سطح کو چھوڑنے کے امکانات بڑھ جاتے ہیں اور تبخیر کا عمل پہلے سے تیز تیز ہونے لگتا ہے -

بعض اوقات مناسب حالات کے ماتحت ہوا میں موجود مائع کے مالیکیول اپنی حرکت کے دوران میں مائع کی سطح کے قریب آ جاتے ہیں اور ایک جست کے ساتھ مائع میں مل جاتے ہیں - اسے عمل تکثیف (Condensation) کہتے ہیں -

جب مائع ایک محصور جگہ یا بند برتن کے اندر موجود ہو اور تبخیر کے باعث وہ جگہ بخارات سے سیر شدہ (Saturated) ہو جائے تو اس کے اندر مائع کی مزید تبخیر عملی طور پر رک جاتی ہے لیکن در حقیقت تبخیر کا عمل بند نہیں ہوتا بلکہ ہوتا یوں ہے کہ اس بند جگہ میں جتنے مالیکیول ایک خاص وقت میں مائع کی سطح کو چھوڑ کر محصور جگہ میں شامل ہوتے ہیں ، اتنے ہی مالیکیول اس وقت میں محصور جگہ سے مائع میں داخل ہوتے ہیں جس سے عملی طور پر یہ کیفیت پیدا ہو جاتی ہے جیسے مائع سے تبخیر کا عمل نہ ہو رہا ہو -

مائع اور ٹھوس دونوں میں مالیکیول ایک دوسرے کے قریب ہوتے ہیں مگر ٹھوس میں مائع کی نسبت وہ زیادہ قرب رکھتے ہیں - مائع میں وہ بڑی تعداد میں اس کو چھوڑ کر باہر تو نہیں نکل جاتے مگر خود مائع کے اندر وہ ایک نقطہ سے پاس کے کسی اور نقطہ تک گھومنے پھرنے میں بڑی حد تک آزاد ہوتے ہیں - یہی وجہ ہے کہ مائع کی شکل آسانی

سے بدل جاتی ہے مگر اس کا حجم برقرار رہتا ہے اور اس وجہ سے کہا جاتا ہے کہ مائع کا ایک واضح حجم تو ہوتا ہے مگر اس کی کوئی واضح شکل نہیں ہوتی ۔

ٹھوس کے مالیکیول ایک دوسرے کے نہایت قریب ہوتے ہیں اور ان کے درمیان کشش کی قوت بہت قوی ہوتی ہے جس کے باعث وہ ایک نقطے سے دوسرے نقطے تک نہیں جا سکتے ۔ وہ محض اپنی جگہ پر رہ کر ادھر ادھر جھولتے رہتے ہیں اور اس وجہ سے ان کی حرکت ارتعاشی (Vibratory) نوعیت کی ہوتی ہے ۔ چونکہ ٹھوس کے مالیکیول ایک نقطے کو چھوڑ کر دوسرے نقطے تک نہیں جا سکتے ، جس طرح مائع کے مالیکیول جا سکتے ہیں اس لیے ٹھوس کی شکل کو بدلنا مشکل ہوتا ہے ۔ علاوہ ازیں چونکہ ٹھوس کے مالیکیول محض ایک جگہ پر ہی رہ کر مرتعش (Vibrate) ہوتے رہتے ہیں ، اس وجہ سے ان کے لیے اپنی جگہ کو چھوڑ باہر نکل کر کھلی فضا میں مل جانے کا امکان نہیں ہوتا ۔ یہی وجہ ہے کہ ٹھوس اشیا میں تبخیر کا عمل واقع نہیں ہوتا جیسا وہ مائع میں واقع ہوتا ہے ۔

ٹھوس اور مائع کے مالیکیولوں کی درمیانی جگہ کے متعلق عام قاعدہ تو یہی ہے کہ ٹھوس کے مالیکیولوں میں یہ درمیانی جگہ تنگ اور مائع کے مالیکیولوں میں یہ جگہ نسبتاً کھلی ہوتی ہے ، اس وجہ سے جب کوئی ٹھوس پگھل کر مائع بنتا ہے تو اس کا حجم بڑھ جاتا ہے ، البتہ چند ٹھوس ایسے بھی ہیں جن کے مالیکیولوں کی درمیانی جگہ ٹھوس حالت میں نسبتاً کھلی ہوتی ہے اور مائع حالت میں نسبتاً تنگ ہو جاتی ہے ۔ برف ایسے ٹھوس کی ایک مثال ہے اور یہی وجہ ہے کہ برف جب پگھل کر پانی بنتی پانی ہے تو اس کا حجم برف کے حجم سے کم ہوتا ہے ۔

اوپر کی تفصیل سے ظاہر ہے کہ ٹھوس اور مائع میں ہمیشہ یہ فرق نہیں ہوتا کہ ٹھوس کے مالیکیول نسبتاً تنگ تنگ اور مائع کے مالیکیول نسبتاً کھلے کھلے ہوں بلکہ ان کے درمیان بنیادی اختلاف یہ ہے کہ ٹھوس کے مالیکیول اپنی جگہ نہیں چھوڑ سکتے بلکہ وہ اس جگہ پر رہ کر

ادھر اُدھر مرتعش ہوتے یعنی جھولتے رہتے ہیں ۔ لیکن مائع کے مالیکیول اس کے اندر ایک نقطے سے دوسرے نقطے تک جا سکتے ہیں ۔

ٹھوس اور مائع دونوں غیر داب پذیر (Incompressible) ہیں جس کا مطلب یہ ہے کہ عام دباؤ کے ماتحت ان کا حجم تبدیل نہیں ہوتا ۔ اس کی وجہ یہ نہیں ہے کہ ان کا حجم سارے کا سارا مالیکیولوں سے بھرا ہوتا ہے اور اس میں کہیں کوئی خالی جگہ نہیں ہوتی بلکہ حقیقت یہ ہے کہ ان کے مالیکیولوں کے درمیان خالی جگہیں موجود ہوتی ہیں مگر ان کی باہمی کشش کے باعث یہ کیفیت ہو جاتی ہے کہ نہ انہیں دبا کر قریب تر لایا جا سکتا ہے اور نہ کوئی اور مالیکیول ان درمیانی جگہوں میں داخل ہو سکتے ہیں ۔

گیسوں کی حرارتی ایصالیت ۔ گیسوں کے حرکتی (Kinetic) نظریے کی روشنی میں ان کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کی توجیہہ بھی کی گئی ہے ۔ چنانچہ یہ بات ریاضی کی رو سے ثابت کی جا سکتی ہے کہ اگر ایک گیس کی حرارتی ایصالیت K ہو ، اس کی کثافت ρ ہو ، اس کی حرارت مخصوصہ مستقل حجم پر C_v ہو ، اس کے مالیکیولوں کی اوسط رفتار C ہو اور ان کا اوسط آزاد راستہ (Mean free path) λ ہو تو

$$K=\frac{1}{3}\rho C\, C_v\, \lambda \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اس سے پہلے یہ بیان کیا جا چکا ہے کہ اگر گیس کی لزوجت (Viscosity) η ہو تو

$$\eta=\frac{1}{3}\rho\, C\lambda \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

مساوات (ii) کو (i) میں شامل کرنے سے

$$K=\eta\, C_v$$

یہ تعلق اس صورت میں پورے طور پر صحیح صادق آتا ہے اگر تمام کی تمام حرارت جو گیس کو دی جائے وہ اس کی انتقال کی حرکتی توانائی میں منتقل ہو جائے ۔ لیکن عملاً ایسا نہیں ہوتا ۔ اس وجہ سے اس مساوات

کی عملی صورت یہ ہوتی ہے

$$K = A\eta\ C_v$$

جب کہ A ایک مستقل ہے جس کی قیمت کا انحصار گیس کی اٹامیت (Atomicity) پر ہوتا ہے - چنانچہ دو سائنس دانوں چیپ مین (-Chap man) اور ان سکوگ (Enskog) نے حساب لگا کر ثابت کیا ہے کہ A کی قیمت یک ایٹمی (Mono-atomic) گیسوں کے لیے قریباً 2.5 ، دو ایٹمی (Di-atomic) گیسوں کے لیے 1.9 اور تین ایٹمی (Tri-atomic) گیسوں کے لیے 1.75 نکلتی ہے - اس سے زیادہ کثیر ایٹمی (Poly-atomic) گیسوں کے لیے A کی قیمت اور بھی گھٹ جاتی ہے - تجربوں سے ان تمام امور کی تصدیق ہوتی ہے - اس طرح حرکتی نظریے سے K ، η اور C_v کے درمیان ایک سادہ تعلق اخذ ہوتا ہے جو حیرت انگیز طور پر تجربے کی کسوٹی پر پورا اترتا ہے -

حرکتی نظریہ کی تجرباتی تصدیق - گیسوں کا حرکتی نظریہ (Kinetic theory) جس کی تفصیل گذشتہ صفحوں میں گزر چکی ہے ، بنیادی طور پر اس امر پر مبنی ہے کہ حرارتی ہیجان (Thermal agitation) کے باعث گیس کے مالیکیول مسلسل حرکت میں رہتے ہیں - البتہ یہ مالیکیول اتنے چھوٹے ہوتے ہیں اور ان کی حرکات اتنی تیز اور بے قاعدہ ہوتی ہیں کہ آنکھوں کو ان کا کچھ احساس نہیں ہوتا اور مجموعی طور پر گیس غیر متحرک دکھائی دیتی ہے - اس میں شک نہیں ہے کہ گیسوں کے متعلق بہت سے امور نہایت عمدگی کے ساتھ گیسوں کے حرارتی نظریے سے اخذ ہو جاتے ہیں اور انھیں ہم اس نظریے کے ثبوت کے طور پر پیش کر سکتے ہیں مگر اس کے ساتھ یہ بھی تسلیم کرنا پڑتا ہے کہ یہ سب بالواسطہ شہادتیں ہیں جو چند مفروضات پر قائم ہیں - اس وجہ سے گیسوں کے حرکتی نظریے کا قطعی ثبوت اسی صورت میں مل سکتا ہے جب گیس کے مالیکیولوں کی حرکت یا اس حرکت سے پیدا شدہ نتائج کو براہ راست آنکھوں سے مشاہدہ کیا جائے - حسن اتفاق سے ایک واقعہ ایسا ہوا جس سے یہ چشم دید شہادت بھی حاصل

ہوگئی جس کے بعد گیسوں کے حرکتی نظریے میں کسی قسم کا شک باقی نہ رہا ۔

براؤنی حرکت (Brownian movement) ۔ سائنس دانوں کو گیسوں کے حرکتی نظریے (Kinetic theory of gases) کا خیال جس زمانے میں سوجھا تھا ، اس سے کئی سال پہلے کی بات ہے کہ ایک انگریز ماہر نباتیات براؤن (Brown) نامی نے پانی کے اندر نباتاتی قسم کے بے حد ننھے ننھے ذرات جنھیں **سپور** (Spore) کہتے ہیں ڈالے اور ایک طاقتور خوردبین کے نیچے ان کا ملاحظہ کیا تو یہ دیکھ کر وہ حیران رہ گیا کہ یہ ذرے بے جان ہونے کے باوجود پانی کے اندر متواتر حرکت کر رہے تھے ۔ ان کی حرکتیں بے ترتیب اور بے قاعدہ مگر مسلسل تھیں اور ان میں کسی طور سے کمی نہ آتی تھی ۔ یہ حرکتیں اپنے اولین دریافت کنندہ براؤن کے نام پر **براؤنی حرکتیں** (Brownian movements) کہلاتی ہیں ۔

موجودہ زمانے میں اگر ان براؤنی حرکتوں کا مشاہدہ کرنا ہو تو اس کی آسان صورت یہ ہے کہ کسی کلوئیڈی محلول (Colloidal solution) پر تیز روشنی ڈال کر اسے منور کر دیا جائے ۔ اس کے بعد ایک طاقتور خوردبین یا ماوراء خوردبین یعنی الٹرا مائیکروسکوپ (Ultra microscope) کے ذریعے محلول کے اندر اس کے ذروں کا مشاہدہ کیا جائے تو تیز روشنی کے باعث یہ ذرے ستاروں کی طرح چمکتے ہوئے اور پیہم حرکت میں نظر آتے ہیں ۔ ان کی یہ حرکتیں ہمیشہ جاری رہتی ہیں اور وقت کے گزرنے کے ساتھ ان میں کسی طرح کا کوئی فرق نہیں پڑتا ۔ براؤن نے یہ حرکتیں پہلے پہل 1827ء میں ملاحظہ کی تھیں اور اس کے چند سال بعد تک سائنس دان ان کی کوئی تسلی بخش توجیہہ پیش نہ کر سکے مگر جب گیسوں کے حرکتی نظریے کی نشو و نما ہوئی تو معلوم ہوا کہ براؤنی حرکات (Brownian movements) کا اصل سبب مالیکیولوں کی حرکت ہے ۔ چونکہ پانی یا کسی دوسرے مائع کے مالیکیول متواتر حرکت میں ہوتے ہیں اس لیے جب اس میں بعض

بے حد ننھے ننھے ذرے موجود ہوں تو یہ مالیکیول ان کے ساتھ ٹکراتے ہیں - اب اگر ذرہ بڑے سائز کا ہو تو اس کے ساتھ مالیکیولوں کا ٹکراؤ ہر طرف سے قریباً برابر برابر ہوتا ہے جس کے باعث ان پر کوئی حاصل قوت کسی ایک سمت میں عمل کرنے نہیں پاتی - اس کا نتیجہ یہ ہے کہ ایسا ذرہ مائع کے اندر ساکن رہتا ہے - لیکن اگر یہ ذرہ بے حد چھوٹا ہو تو پھر ایسا ہو سکتا ہے کہ ایک خاص سمت میں اس کے ساتھ ٹکرانے والے مالیکیول زیادہ ہوں اور دوسری سمتوں سے اس کے ساتھ ٹکرانے والے مالیکیول تعداد میں اس سے کم ہوں - اس صورت میں مالیکیولوں کے کے ٹکراؤ سے پہلی سمت میں ایک حاصل قوت اس ذرے پر عمل کرنے لگ جاتی ہے اور وہ ذرہ ادھر کو متحرک ہو جاتا ہے - تھوڑے عرصے کے بعد مالیکیولوں کا ایک ریلا اس ذرے کو کسی اور جانب رواں کر دیتا ہے اور یہ کیفیت تمام ذروں پر مسلسل طور پر وارد ہوتی ہے جس کے باعث وہ پیہم حرکت میں دکھائی دیتے ہیں - ذرے جتنے چھوٹے سائز کے ہیں ان کی حرکات اتنی ہی تیز ہوتی ہیں ، کیونکہ ایک خاص سمت میں مالیکیولوں کے تھپیڑوں کا اثر ان پر زیادہ قوی ہوتا ہے - **اس طرح براؤنی حرکت (Brownian movement) سے مادہ کے حرکتی نظریے (Kinetic theory) کا ایک قطعی اور عینی ثبوت مل جاتا ہے -**

موجودہ صدی میں مشہور جرمن سائنس دان **آئن سٹائن (Einstein)** نے براؤنی حرکت کے متعلق ریاضی پر مبنی نظریہ پیش کیا جس کی تجرباتی تصدیق ایک سائنس دان **پیرن (Perrin)** نے کی - پیرن نے نہ صرف یہ ثابت کیا کہ مالیکیولوں کی متواتر اور مسلسل حرکات حرارتی ہیجان (Thermal agitation) کے ماتحت ہوتی ہیں بلکہ اس نے میکسویل کے دریافت کردہ رفتاروں کی تقسیم کے قانون کا ثبوت بھی اس طریقے سے بہم پہنچایا - آخر میں اس نے اپنے تجربات سے جو براؤنی حرکت پر اس نے کیے تھے ، ایووگاردو عدد (Avogadro's number) کی قیمت نکالی - یہ قیمت وہی تھی جو اس سے پہلے دوسرے طریقوں سے نکالی جا چکی تھی -

حسابی مثالیں

Example 1. Calculate the kinetic energy of a gram molecule of helium at 27°C, given that $R=8{\cdot}3\times10^7$ ergs.

27°C پر ہیلیم کے ایک گرام مالیکیول کی حرکتی توانائی معلوم کرو ۔ R کی قیمت $8{\cdot}3\times10^7$ ارگ ہے ۔

$$\text{مطلق ٹمپریچر}=T=273+27=300°A$$
$$R=8{\cdot}0\times10^7\ (\text{ارگ})$$
$$\text{1 گرام مالیکیول کی حرکتی توانائی}=E=\tfrac{3}{2}RT$$
$$=\tfrac{3}{2}\times8{\cdot}3\times10^7\times300$$
$$=3735\times10^7\ (\text{ارگ})$$
$$=3735\ (\text{جاؤل})$$

Example 2. Calculate the kinetic energy of the molecules of one gram of helium at 0°C.

0°C پر ہیلیم کے ایک گرام کی حرکتی توانائی معلوم کرو ۔

جیسا کہ اوپر کی مثال سے ظاہر ہے ، نارمل ٹمپریچر (273°A) پر

$$\text{1 گرام مالیکیول کی حرکتی توانائی}=\tfrac{3}{2}RT=\tfrac{3}{2}\times8{\cdot}3\times10^7\times273$$
$$\text{ہیلیم کا مالیکیولی وزن}=4$$
$$\text{ہیلیم کا ایک گرام مالیکیول}=4\ \text{گرام}$$
$$\text{1 گرام کی حرکتی توانائی}=\tfrac{3}{2}\times\frac{8{\cdot}3\times10^7\times273}{4}$$
$$=850\times10^7\ \text{ارگ}$$
$$=850\ \text{جاؤل}$$

Example 3. Calculate the root mean square velocity of air molecules at N.T.P. Density of air at N.T.P is 1·29 gms. per litre.

نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ھوا کے مالیکیولوں کی جذری اوسط مربع رفتار معلوم کرو - نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ھوا کی کثافت 1·29 گرام فی لیٹر ھے -

$P = 76$ (سنٹی میٹر) = نارمل دباؤ

$= 76 \times 13{\cdot}6 \times 981$ (ڈائن فی مربع سنٹی میٹر)

$\rho = 1{\cdot}29$ (گرام فی لیٹر) = ھوا کی کثافت

$= 0{\cdot}00129$ (گرام فی مکعب سنٹی میٹر)

C = جذری اوسط مربع رفتار

$\because \quad P = \frac{1}{3}\rho C^2$

$\therefore \quad C^2 = \frac{0{\cdot}3P}{\rho}$

یا $\quad C = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 981}{0{\cdot}00129}}$

$= 4{\cdot}856 \times 10^4$ (سنٹی میٹر فی سیکنڈ)

Example 4. Calculate the root mean square velocity of hydrogen molecules at N.T.P., the molecular weight of hydrogen is 2·016, $R = 8{\cdot}31 \times 10^7$ ergs.

نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ھائیڈروجن کے مالیکیولوں کی جذری اوسط مربع رفتار معلوم کرو - ھائیڈروجن کا مالیکیولی وزن 2·016 اور R کی قیمت $8{\cdot}31 \times 10^7$ ارگ ھے -

$T = 273°A$ = نارمل ٹمپریچر

$R = 8{\cdot}31 \times 10^7$ (ارگ)

$M = 2{\cdot}016$ = مالیکیولی وزن

C = جذری اوسط مربع رفتار

$\because \quad \frac{1}{2}MC^2=\frac{3}{2}RT$

$$\therefore \quad C^2=\frac{3RT}{M}$$

یا
$$C=\sqrt{\frac{3RT}{M}}=\sqrt{\frac{3\times 8{\cdot}31\times 10^7\times 273}{2{\cdot}016}}$$

$=1{\cdot}84\times 10^5$ (سنٹی میٹر فی سیکنڈ)

Example 5. At what temperature the root mean square velocity of hydrogen be double of its value at N.T.P ? The pressure remains unchanged.

کس ٹمپریچر پر ھائیڈروجن کی جذری اوسط مربع رفتار اس قیمت سے جو نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ہوتی ہے دگنی ہو جائے گی؟ گیس کا دباؤ تبدیل نہیں ہوتا۔

$\because \quad \frac{1}{3}MC^2=RT$

$\therefore \quad C^2 \propto T$

یا $\quad C \propto \sqrt{T}$

$T_0=C$ پر رفتار

$T=2C$ پر رفتار

$$\therefore \quad \frac{2C}{C}=\sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

مربع لینے سے

$$4=\frac{T}{T_0}$$

$$\therefore \quad T=4T_0=4\times 273=1092°A$$

$$=1092-273=819°C$$

Example 6. A gas has got $2{\cdot}79\times10^{19}$ molecules per c.c. and the mean free path of the molecules is $2{\cdot}2\times10^{-6}$ cms. Calculate the diameter of its molecule.

ایک گیس میں $2{\cdot}79\times10^{19}$ مالیکیول فی مکعب سنٹی میٹر پائے جاتے ھیں اور ان مالیکیولوں کا اوسط آزاد راستہ $2{\cdot}2\times10^{-6}$ سنٹی میٹر ھے ۔ اس کے ایک مالیکیول کا قطر معلوم کرو ۔

$n = 2{\cdot}79\times10^{19}$ = مالیکیولوں کی تعداد فی مکعب سنٹی میٹر

$\lambda = 2{\cdot}2\times10^{-6}$ cms. = مالیکیولوں کا اوسط آزاد راستہ

σ = مالیکیول کا قطر

$$\because \qquad \lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\,\pi\sigma^2 n}$$

$$\therefore \qquad \sigma = \frac{1}{(\sqrt{2}\,\pi\lambda n)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{1}{(1{\cdot}414\times3{\cdot}1416\times2{\cdot}2\times10^{-6}\times2{\cdot}79\times10^{19})^{\frac{1}{2}}}$$

$$= 6\times10^{-8} \text{ cms.}$$

Example 7. The mean velocity of a molecule of nitrogen is $4{\cdot}5\times10^{4}$ cms. per sec, its density at N.T.P. is $1{\cdot}25\times10^{-3}$ gms/c. c. and its coefficient of viscosity is $1{\cdot}66\times10^{-8}$ gms. per c.c. Calculate (*i*) its molecular mean free path (*ii*) the number of collisions made per sec. and (*iii*) its molecular diameter. $n = 2{\cdot}7\times10^{19}$ molecules per c.c.

نائٹروجن کے ایک مالیکیول کی اوسط رفتار $4{\cdot}5\times10^{4}$ سنٹی میٹر فی سیکنڈ ھے ۔ اس کی کثافت نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر $1{\cdot}25\times10^{-3}$ گرام فی مکعب سنٹی میٹر ھے اور اس کا لزوجت کا معیار $1{\cdot}66\times10^{-8}$ گرام فی مکعب سنٹی میٹر فی سیکنڈ ھے ۔ (*i*) اس کے مالیکیولوں کا

اوسط آزاد راستہ (ii) فی سیکنڈ ہونے والے ٹکراؤ کی تعداد اور (iii) اس کے مالیکیول کا قطر معلوم کرو - n کی قیمت $2\cdot7\times10^{19}$ مالیکیول فی مکعب سنٹی میٹر ہے -

مالیکیول کی اوسط رفتار - $C=4\cdot5\times10^4$ cms./sec.

گیس کی کثافت $=\rho=1\cdot25\times10^{-3}$ gms./c.c.

گیس کی لزوجت کا معیار $=\eta=1\cdot66\times10^{-8}$ gms./c.c.

مالیکیولوں کی تعداد فی مکعب سنٹی میٹر $=n=2\cdot7\times10^{19}$

مالیکیول کا اوسط آزاد راستہ $=\lambda$

مالیکیول کا قطر $=\sigma$

(i) $\because \quad \eta=\frac{1}{3}\rho C\lambda$

$$\therefore \quad \lambda=\frac{3\eta}{\rho C}$$

$$=\frac{3\times1\cdot66\times10^{-8}}{1\cdot25\times10^{-3}\times4\cdot5\times10^4}$$

$$=8\cdot85\times10^{-6} \text{ cms.}$$

(ii) ایک سیکنڈ میں ہونے والے ٹکراؤ $=\frac{C}{\lambda}=\frac{4\cdot5\times10^4}{8\cdot85\times10^{-6}}$

$$=5\cdot08\times10^9$$

(iii) $\because \quad \lambda=\frac{1}{\sqrt{2}\,\pi\sigma^2 n}$

$$\therefore \quad \sigma^2=\frac{1}{\sqrt{2}\,\pi\lambda n}$$

$$\therefore \quad \sigma=\frac{1}{(\sqrt{2}\,\pi\lambda n)^{\frac{1}{2}}}$$

$$=\frac{1}{(1\cdot414\times3\cdot1416\times8\cdot85\times10^{-6}\times2\cdot7\times10^{19})^{\frac{1}{2}}}$$

$$=3\times10^{-8} \text{ cms.}$$

سوالات

Q. 1. Outline the essential features of the Kinetic theory of gases. On what assumptions is it based ?

گیسوں کے حرکتی نظریے کے بڑے بڑے کوائف بیان کرو - یہ نظریہ کن مفروضوں پر مبنی ہے ؟

Q. 2. Deduce an expression for the pressure of a gas in terms of the velocity of its molecules, as based on the Kinetic theory of gases.

گیس کے دباؤ کے متعلق ایک کلیہ اخذ کرو جو گیسوں کے حرکتی نظریے پر مبنی ہو اور جس میں دباؤ کو مالیکیولوں کی رفتار میں ظاہر کیا گیا ہو -

Q. 3. Prove Boyle's law on the basis of the Kinetic theory of gases.

گیسوں کے حرکتی نظریے کی بنا پر بوائل کا قانون ثابت کرو -

Q. 4. What do you understand by the root mean square velocity ? Find the root mean square velocity of molecules of air at normal temperature and pressure.

جذری اوسط مربع رفتار سے آپ کیا مراد لیتے ہیں ؟ نارمل ٹمپریچر اور دباؤ پر ہوا کے مالیکیولوں کی جذری اوسط مربع رفتار معلوم کرو -

Q. 5. Prove that the pressure of a gas is equal to the two-third of its average kinetic energy per cubic centimeter.

ثابت کرو کہ ایک گیس کا دباؤ اس کی اوسط حرکتی توانائی فی مکعب سنٹی میٹر کے دو تہائی کے برابر ہوتا ہے -

Q. 6. Show that the average kinetic energy of a gas per molecule is equal to $\frac{3}{2}$ KT, where T is the absolute temperature of the gas and K is the Boltzman's constant.

ثابت کرو کہ ایک گیس کی اوسط حرکتی توانائی فی مالیکیول $\frac{3}{2}$KT کے برابر ہوتی ہے جب کہ T اس گیس کا مطلق ٹمپریچر ہو اور K بولٹزمان کا مستقل ہو -

Q. 7. Deduce Avogadro's law from the kinetic theory of gases.

گیسوں کے حرکتی نظریے میں سے ایوو گادرو کا قانون اخذ کرو ۔

Q. 8. How will you deduce (*i*) Dalton's law of partial pressures and (*ii*) Graham's law of diffusion from the kinetic theory of gases.

آپ گیسوں کے حرکتی نظریے میں سے (*i*) ڈالٹن کا جزوی دباؤ کا قانون اور (*ii*) گراھم کا گیسوں کے نفوذ کا قانون کس طرح اخذ کریں گے ؟

Q. 9 What do you understand by the mean free path of the molecules of a gas? Deduce an expression for its value.

گیس کے مالیکیولوں کے اوسط آزاد راستے سے آپ کیا مراد لیتے ھیں ۔ اس کی قیمت ظاھر کرنے کے لیے ایک کلیہ اخذ کرو ۔

Q. 10. Establish a relation between the mean free path of the molecules of a gas and the coefficient of viscosity of the gas. Show that the coefficient of viscosity is directly proportional to the square root of its absolute temperature but is independent of the pressure of the gas.

ایک گیس کے مالیکیولوں کے اوسط آزاد راستے اور اس کی لزوجت کے معیار کے درمیان تعلق قائم کرو ۔ نیز ثابت کرو کہ لزوجت کا معیار گیس کے مطلق ٹمپریچر کے جذر کے براہ راست متناسب ھوتا ھے مگر اس پر گیس کے دباؤ کا کچھ اثر نہیں ھوتا ۔

Q. 11. Distinguish between average velocity and root mean square velocity of the molecules of a gas. What is the relation between the two ?

ایک گیس کے مالیکیولوں کی اوسط رفتار اورجذر اوسط مربع رفتار میں فرق بیان کرو ۔ ان دونوں کے درمیان کیا تعلق ھوتا ھے ؟

Q. 12. (*a*) What do you understand by the degree of freedom? (*b*) Explain the law of equipartition of energy.

(ا) آزادی کے درجے سے آپ کیا مراد لیتے ھیں ۔
(ب) توانائی کی مساوی تقسیم کا قانون بیان کیجیے ؟

Q. 13. Find out the value of the specific heat of a diatomic gas from the kinetic theory.

حرکتی نظریے سے (ا) ایک ایٹمی گیس اور (ب) دو ایٹمی گیس کی حرارت مخصوصہ کی قیمت اخذ کیجیے -

Q. 14. Prove, on the basis of the kinetic theory, that the ratio between the specific heat at constant volume for monoatomic gas is $\frac{5}{3}$ and for diatomic gas is $\frac{7}{3}$.

حرکتی نظریے کی بنا پر ثابت کرو کہ مستقل دباؤ پر حرارت مخصوصہ اور مستقل حجم پر حرارت مخصوصہ کی باھمی نسبت یک ایٹمی گیس کے لیے $\frac{5}{3}$ اور دو ایٹمی گیس کے لیے $\frac{7}{3}$ ھوتی ھے -

Q. 15. Deduce the value of the atomic heat of solids from the kinetic theory and thereby verify Dulong and Petit's law about the atomic heat.

حرکتی نظریے سے ٹھوس اشیا کی ایٹمی حرارت کی قیمت معلوم کیجیے اور اس طرح ایٹمی حررات کے متعلق دولاں اور پیتی کے قانون کا ثبوت بہم پہنچائیے -

Q. 16. Deduce an expression for the thermal conductivity of a gas from the kinetic theory. Establish the relation between the thermal conductivity and the coefficient of viscosity.

حرکتی نظریے سے کسی گیس کی ایصالیت کے لیے ایک کلیہ اخذ کرو - نیز گیس کی ایصالیت اور اس کی لزوجت کے معیار کے درمیان تعلق قائم کرو -

Q. 17. Show that the general properties of the three states of matter are accounted by the kinetic theory.

ثابت کیجیے کہ مادے کی تین حالتوں کی عام خاصیتوں کی توجیہ حرکتی نظریے سے کی جاسکتی ھے -

Q. 18. Write a short note on Brownian movement. How does it help in affording a proof of the kinetic theory ?

براؤنی حرکت پر ایک مختصر نوٹ قلم بند کرو - اس سے حرکتی نظریے کو ثابت کرنے میں کیا مدد ملتی ھے ؟

ساتواں باب

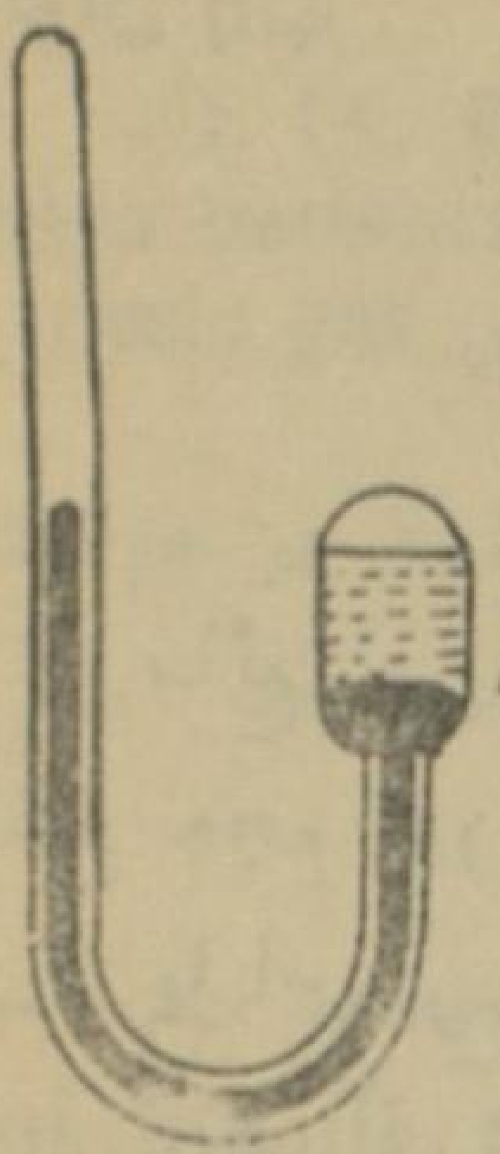
حالت کا تسلسل

(CONTINUITY OF STATE)

مائع اور گیس ، مادے کی دو مختلف حالتیں ھیں ۔ مائع کا ایک واضح حجم اور اس کی ایک واضح سطح ھوتی ھے ۔ مائع پر دباؤ ڈالا جائے یا اس پر سے دباؤ ھٹا لیا جائے تو اس کے حجم میں کوئی خاص تبدیلی نہیں آتی ۔ مگر گیس کا کوئی مقررہ حجم نہیں ھوتا اور نہ اس کی کوئی واضح سطح ھوتی ھے - گیس بہت جلد دباؤ سے اثر پذیر ھوتی ھے ۔ چنانچہ دباؤ بڑھانے سے اس کا حجم کم ھو جاتا ھے اور دباؤ کم کرنے سے اس حجم میں زیادتی پیدا ھو جاتی ھے ۔ ان وجوہ سے دیر تک یہ خیال کیا جاتا رھا کہ مائع اور گیس مادے کی دو ایسی الگ الگ جماعتیں ھیں جن کے درمیان کوئی قدر مشترک نہیں ھے ۔ یہ خیال انیسویں صدی سے پہلے عوام اور خواص میں عام طور پر پھیلا ھوا تھا ۔ لیکن اس صدی میں بعض ایسی تحقیقاتیں ھوئیں جن سے ثابت ھو گیا کہ مادے کی مائع اور گیسی حالتیں الگ الگ نہیں ھیں بلکہ ان میں ایک متواتر تسلسل پایا جاتا ھے ۔ اسے **مادے کی حالت کا تسلسل** (Continuity of state) کہتے ھیں ۔

کانی آر دو لا تور کا تجربہ (Cagniard de la Tour's experiment) - فرانس کے ایک سائنس دان کانی آر دو لا تور (Cagniard de la Tour) نے 1862ء میں ایک تجربہ کیا جو طبیعیات کی تاریخ میں خاص اھمیت رکھتا ھے کیونکہ مائع اور گیس کے درمیان تسلسل سب سے پہلے اسی تجربے سے ثابت کیا گیا تھا ۔ اس تجربے میں جو آلہ استعمال

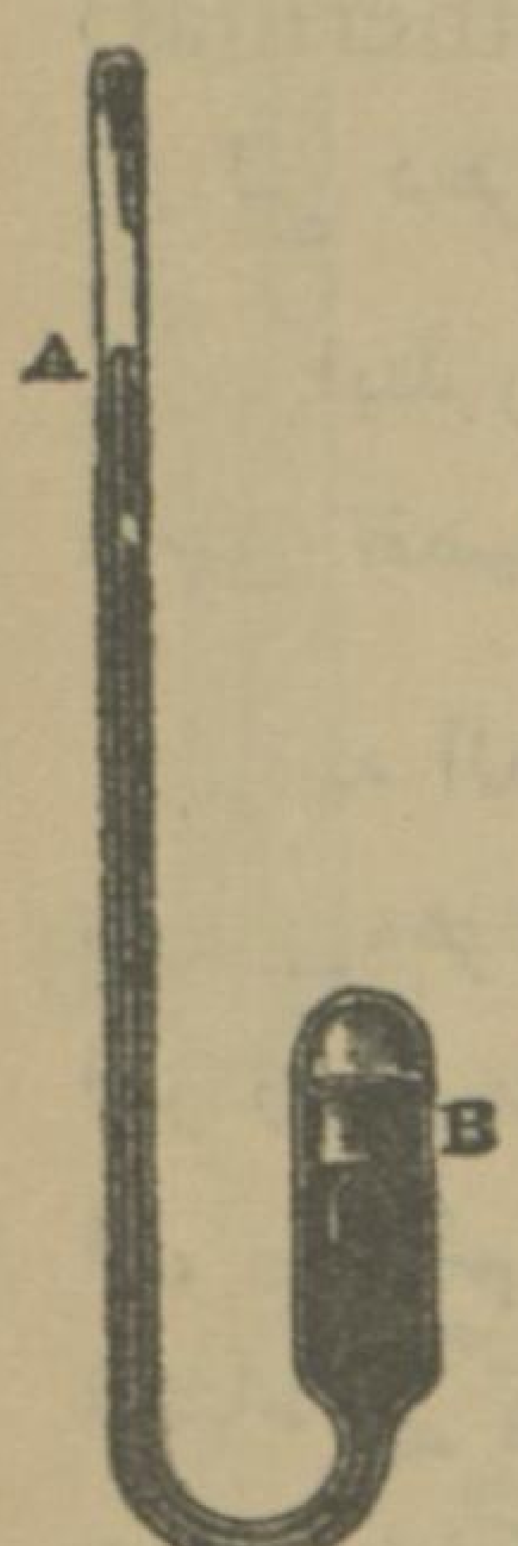
کیا گیا وہ خمیدہ U نلی پر مشتمل تھا جس کے ایک طرف ایک بلب A بنا ہوا تھا ۔ اس نلی کے درمیانی حصے میں پارہ بھر دیا گیا جو دائیں طرف بلب A کے نیچے کے حصے تک اور بائیں طرف نلی B کے اندر



کافی آونچائی تک جاتا تھا ۔ بلب A میں زیر تجربہ مائع بھرا ہوا تھا ۔ جس کی سطح کے آوپر کے حصے میں اس مائع کے بخارات سیر شدہ حالت میں موجود تھے۔ اس بلب کے اندر ہوا بالکل نہیں تھی ۔ دوسری طرف نلی B میں ہوا تھی اور اس کا آوپر کا حصہ بند تھا ۔ اس طرح پورا آلہ بیرونی کرہ ہوائی سے کٹا ہوا تھا اور اس کے اندر کی تمام چیزیں یعنی مائع ، اس کے بخارات ، پارہ اور ہوا مکمل طور پر محصور تھے ۔ اس آلے کو تیل کے ایک باتھ (Bath) میں رکھا گیا اور باتھ کو آہستہ آہستہ حرارت دی گئی جس سے مائع کا ٹمپریچر بتدریج بڑھنے لگا ۔ آونچے ٹمپریچر پر کچھ مائع مزید تبخیر ہو کر بخارات میں تبدیل ہو جاتا جس کے باعث بلب کے اندر مائع کے آوپر کی جگہ ہر ٹمپریچر پر بخارات سے سیر شدہ (Saturated) رہتی ، البتہ مائع آبلنے نہیں پاتا تھا کیونکہ اس کی سطح پر سیر شدہ بخاراتی دباؤ (Saturated vapour pressure) ہر آن عمل کرتا رہتا اور یہ دباؤ اسے جوش کھانے سے باز رکھتا ۔ عام حالات میں مائع کی سطح صاف طور پر بالکل الگ نظر آتی تھی اور یہ اس امر کا ثبوت تھا کہ مائع اور اس کے بخارات دو الگ الگ حالتیں ہیں ۔ البتہ جب باتھ کا ٹمپریچر اور آونچا ہوتا گیا تو ایک خاص ٹمپریچر کے قریب پہنچ کر مائع کی سطح جو پہلے ہلالی شکل کی تھی ، رفتہ رفتہ چپٹی ہونے لگی ۔ اور آخر کار اس خاص ٹمپریچر پر پہنچ کر یہ سطح بالکل غائب ہو گئی ۔ اس وقت مائع اور اس کے بخارات میں کچھ امتیاز باقی نہ رہا ۔ یہ صحیح نہیں ہے کہ اس حالت میں مائع تمام کا تمام بخارات میں تبدیل ہو گیا تھا کیونکہ مائع کے آوپر کی سطح پہلے ہی بخارات سے سیر تھی اور اس لیے مائع کا تمام کا تمام بخارات میں تبدیل ہونا ناممکن تھا ۔ اس وجہ سے اس خاص ٹمپریچر پر یا اس

سے اوپر مائع اور بخارات اپنی اپنی حالتوں میں موجود تو ضرور تھے مگر ان کے درمیان وہ فرق جو ظاہر کی آنکھوں کو نظر آیا کرتا ہے ، اب مٹ چکا تھا ۔

اس تجربے میں جب باتھ (Bath) کو حرارت پہنچانی بند کر دی گئی اور باتھ کا ٹمپریچر گرنے لگا تو بلب کے اندر پہلے تو ایک دھواں سا نظر آیا جس کے بعد مائع کی سطح صاف دکھائی دینے لگ گئی اور مائع اور اس کے بخارات کے درمیان وہ امتیاز جو عام حالات میں نظر آیا کرتا ہے ، دوبارہ قائم ہو گیا ۔ اس تجربے نے ثابت کر دیا کہ **مائع اور بخارات یا گیس مادے کی کوئی ایسی دو حالتیں نہیں ہیں جو ایک دوسرے سے قطعی طور پر مختلف ہوں بلکہ ان کے درمیان ایک واضح تسلسل پایا جاتا ہے ۔**



کانی آر دو لا تور (Cagniard de la Tour) کے اس تجربے میں جس ٹمپریچر پر پہنچ کر مائع اور بخارات کا ظاہری فرق مٹ جاتا ہے وہ **فاصل ٹمپریچر** (Critical temperature) کہلاتا ہے ۔ مختلف اشیا کے لیے یہ فاصل ٹمپریچر (جس کی مزید تفصیل آگے آئے گی) مختلف ہوتا ہے ۔

نوٹ ۔ اس تجربے میں استعمال ہونے والے آلے کی ایک اور خوبصورت تصویر سامنے دی گئی ہے ۔

اینڈریوز کے تجربات (Andrews' Experiments) ۔ کانی آر دو لا تور (Cagniard de la Tour) کے تجربے کے قریباً سات سال بعد 1869ء میں ایک برطانوی سائنس دان اینڈریوز (Andrews) نے کاربن ڈائی او کسائڈ پر اسی نوع کے تجربات کیے ۔ ان کا مقصد ایک طرف تو مادہ کی حالت کے تسلسل (Continuity of state) کی مزید تصدیق کرنا تھا اور دوسری جانب ان حالات اور شرائط کا جائزہ لگانا

تھا ، جس کے ماتحت کسی گیس کو مائع صورت میں تبدیل کیا جا سکتا ہے ۔

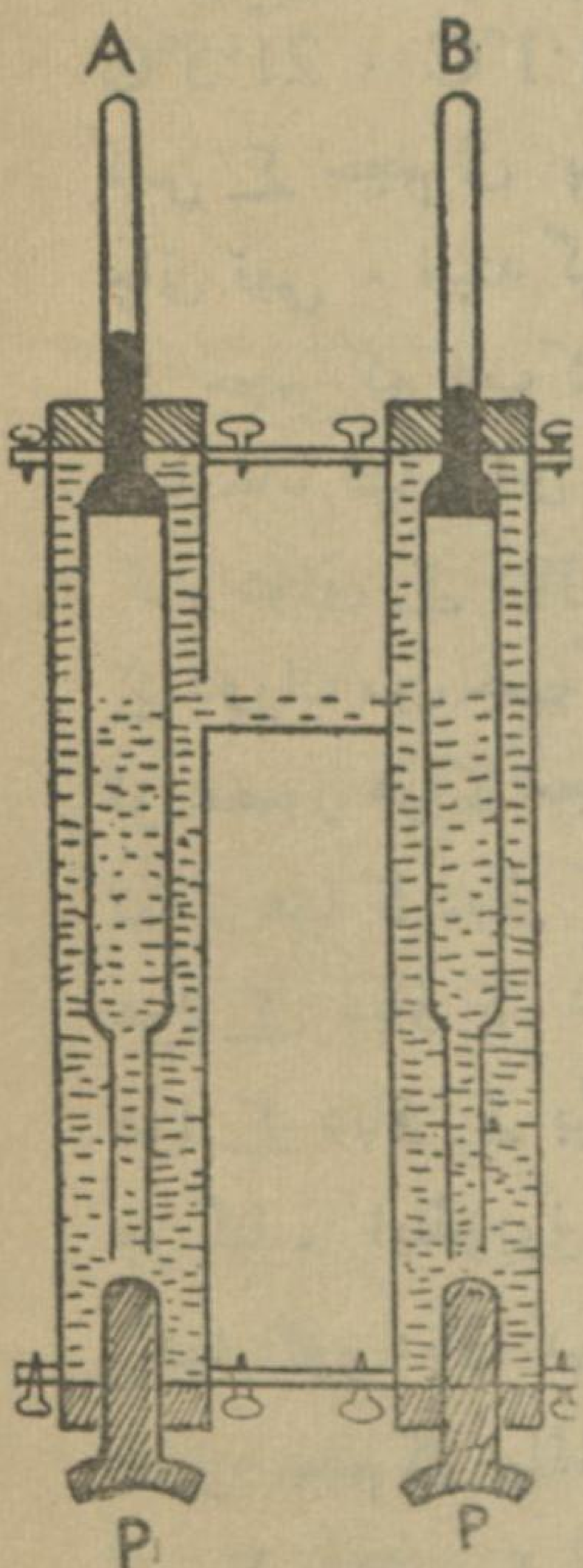
اینڈریوز (Andrews) کا طریق کار یہ تھا کہ کاربن ڈائی او کسائڈ گیس کو پہلے ایک خاص ٹمپریچر تک گرم یا ٹھنڈا کیا جائے ، پھر اس ٹمپریچر کو برقرار رکھ کر گیس پر مختلف دباؤ ڈالے جائیں اور ان کے مقابل کے حجم ناپے جائیں ۔ اس کے بعد دباؤ اور حجم کی ان قیمتوں کے مطابق دباؤ اور حجم کا گراف ، جو ٹمپریچر کے برقرار رہنے کے باعث اس خاص ٹمپریچر کا ہم تپش خط (Isothermal) ہوتا ہے ، کھینچا جائے ۔

دوسری مرتبہ گیس کو کسی اور ٹمپریچر تک گرم یا ٹھنڈا کیا جائے اور اس ٹمپریچر پر دباؤ اور حجم کا ایک اور ہم تپش خط (Isothermal) کھینچا جائے ۔ اسی طرح اس تجربے کو متعدد ٹمپریچروں کے لیے دھرایا جائے ۔

اینڈ ریوز کے اس تجربے اور اس میں استعمال ہونے والے آلے کے متعلق تفصیلات حسب ذیل ہیں ۔

یہ آلہ دو خاص قسم کی نلیوں A اور B کی صورت میں تھا ۔ ان میں سے ہر نلی کے اوپر کا حصہ بہت باریک تھا ۔ درمیانی حصہ بہت چوڑا اور اس وجہ سے ایک لمبوترے بلب کی شکل کا تھا اور نیچے کا حصہ اس سے کم چوڑا تھا ۔ اوپر کے باریک حصے کی درجہ بندی نہایت احتیاط سے کی گئی تھی ۔ ان نلیوں میں سے بائیں طرف کی نلی A میں خالص خشک کاربن ڈائی او کسائڈ گیس قریباً چوبیس گھنٹے تک گزاری گئی تاکہ نلی میں ہوا کی خفیف سی آمیزش بھی باقی نہ رہے اور وہ تمام کی تمام کاربن ڈائی او کسائڈ گیس سے بھر جائے ۔ پھر نلی کا منہ اوپر سے سیل (Seal) کر دیا گیا اور نیچے کے منہ کو پارے کے اندر داخل کر کے (جو ایک پیالی میں پڑا ہوا تھا) نلی کو باری باری گرم اور ٹھنڈا کیا گیا ۔ گرم کرنے پر کچھ گیس پارے میں سے ہو کر باہر نکل جاتی اور ٹھنڈا ہونے پر کچھ پارہ نلی میں چڑھ آتا ، یہاں تک کہ

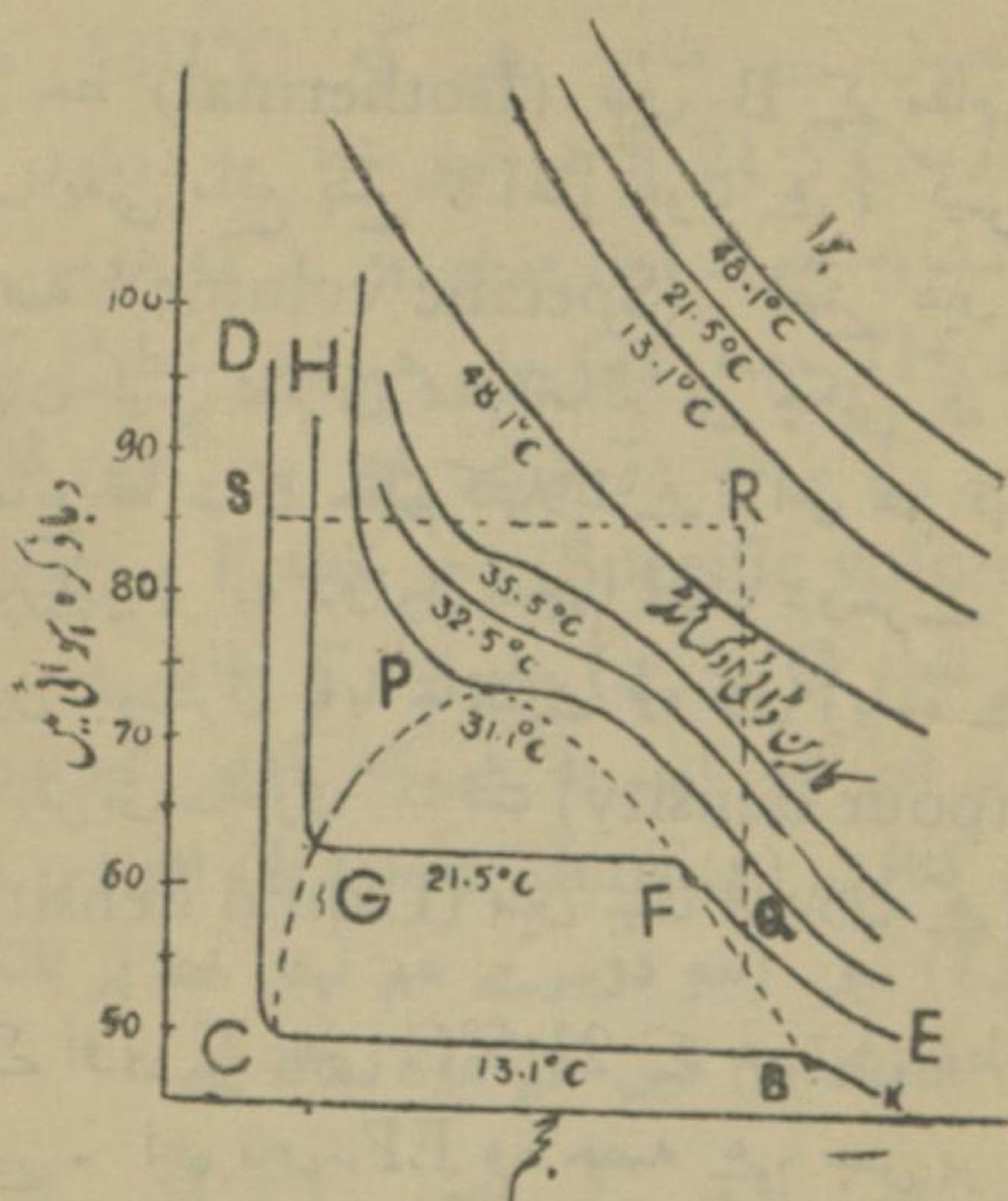
نلی میں پارے کا ایک چھوٹا سا کالم پیدا ہو گیا ۔ یہ کالم ایک پھسلنے ڈاٹ کا کام دیتا تھا اور نلی کے اندر گیس کو محصور رکھتا تھا ۔ دائیں طرف کی نلی B میں ہوا تھی جس کو بالکل اسی طرح سے پارے کے کالم کے ذریعے محصور کیا گیا تھا ۔ دونوں نلیوں کو تانبے کی دو چوڑی نلیوں میں رکھا گیا جس میں پانی موجود تھا ۔ پانی کے دباؤ سے دونوں نلیوں میں پارے کے کالم اوپر چڑھ گئے جس سے بائیں طرف کی نلی کے اوپر کے باریک حصے میں کاربن ڈائی اوکسائڈ گیس اور دائیں طرف کی نلی کے اوپر کے باریک حصے میں ہوا گھر گئی ۔ تانبے کی نلیوں کے نیچے کے منہ میں ایک ایک پیچ دار ڈاٹ لگا ہوا تھا ۔ جب اس ڈاٹ کے دستے کو گھما کر آگے اندر کی طرف دبایا جاتا تو پانی کا بہت زیادہ دباؤ محصور گیس اور ہوا پر پڑتا جس کے سبب ان کا دباؤ دو دو سو ، تین تین سو بلکہ چار چار سو کرہ ہوائی (Atmospheres) تک بڑھ جاتا ۔ تانبے کی دونوں نلیاں درمیان میں سے ایک افقی نلی کے ذریعے آپس میں ملی ہوئی تھیں جس سے پانی دونوں طرف ایک ہی تھا ۔ اس کا نتیجہ یہ تھا کہ دونوں طرف کی باریک نلیوں کے اندر ایک ہی دباؤ پڑتا تھا اور اس وجہ سے جو دباؤ کسی وقت محصور کاربن ڈائی اوکسائڈ گیس کا ہوتا ، وہی دباؤ محصور ہوا کا بھی ہوتا تھا ۔



دونوں نلیوں کے اوپر کے باریک حصوں کے بیرونی طرف ایک ایک جیکٹ (Jacket) لگا دیا گیا جس کے اندر پانی بھر دیا گیا ۔ (یہ جیکٹ شکل میں نہیں دکھائے گئے ہیں) ۔ ان میں سے دائیں طرف کے جیکٹ کے پانی کو ایک خاص ٹمپریچر پر برقرار رکھا گیا جس سے محصور ہوا کا ٹمپریچر تو ایک ہی درجے پر قائم رہا لیکن بائیں طرف کے

جیکٹ کے پانی کو مختلف مشاهدات کے دوران میں گرم یا ٹھنڈا کر کے حسب ضرورت مختلف ٹمپریچروں پر لایا گیا اور پھر مختلف دباؤ کے ماتحت محصور گیس کے حجم کی پیمائشیں کی گئیں - اینڈریوز نے فی‌الواقع جو ٹمپریچر اس تجربے کے لیے انتخاب کیے وہ 13·1°C ، 21·5°C ، 31·1°C ، 32·5°C ، 35·5°C اور 48·1°C تھے - گیس کے حجم کی پیمائش تو براہ راست نلی کا درجہ پڑھ لینے سے کر لی جاتی تھی - البتہ گیس کا دباؤ بالواسطه طور پر ساتھ کی نلی میں هوا کے حجم کو ناپ کر اور اس پر بوائل کے قانون کا اطلاق کر کے معلوم کیا جاتا تھا - اس کی صورت یہ تھی کہ ساتھ کی نلی میں هوا پہلے عام کرہ هوائی کے دباؤ پر بھری گئی اور اس کا حجم ناپ لیا گیا - پھر تجربے کے دوران میں جب گیس اور هوا دونوں پر کئی کرہ هوائی کا دباؤ پڑ رها تھا تو محصور هوا کا حجم ناپا گیا - یہ حجم هوا کے پہلے حجم سے جتنے گنا کم تھا ، هوا کا دباؤ کرہ هوائی کے دباؤ سے اتنے هی گنا زیادہ تھا - اس طرح هوا کے دباؤ کا علم هو گیا اور چونکہ گیس کا دباؤ هر حالت میں هوا کے دباؤ کے برابر هی رهتا تھا ، اس لیے گیس کا دباؤ بھی معلوم هو گیا - اینڈریوز نے اپنے پہلے مشاهدے میں گیس کو 13·1°C پر رکھا اور دباؤ کو اسے لے کر 100 کرہ هوائی تک بڑھا کر اس کے مقابل حجم کی پیمائشیں کیں - پھر حجم کو X - محور کے ساتھ اور دباؤ کو Y - محور کے ساتھ ظاهر کر کے حجم اور دباؤ کا گراف ایک **هم تپش خط** (Isothermal) کی صورت میں کھینچ دیا - اینڈریوز نے یہ تجربہ باری باری 21·5°C ، 31·1°C ، 32·5°C ، 35·5°C اور 48·1°C پر دهرایا اور ان ٹمپریچروں کے هم تپش خطوط (Isothermals) حاصل کیے - یہ هم تپش خطوط سامنے کی شکل میں دکھائے گئے هیں - ان میں سے ABCD ، 13·1°C ٹمپریچر کا هم تپش خط ہے جس کو هم پہلے زیر غور لاتے هیں - اس خط کا AB حصہ **بوائل کے قانون** (Boyle's law) کی مطابقت کرتا ہے - یعنی اس حصے پر گیس کا دباؤ جس نسبت سے بڑھتا ہے گیس کا حجم اسی نسبت سے گھٹتا ہے - جب دباؤ اور حجم

کے لحاظ سے گیس اس حالت کو پہنچ جاتی ہے جو نقطہ B سے ظاہر ہے تو گیس میں تکثیف (Condensation) یعنی مائع بننے کا عمل شروع ہو جاتا ہے ۔ اس لیے گیس کو دبانے سے اس کا کچھ حصہ مائع بنتا جاتا ہے مگر گیس کا دباؤ ایک ہی قیمت پر یعنی اسی قیمت پر جو



B نقطے پر ہوتی ہے، برقرار رہتا ہے ۔ یہ صورت BC حصے پر قائم رہتی ہے اور اس حالت میں گیس اور اس کا مائع دونوں نلی کے اندر موجود ہوتے ہیں ۔ BC حصے پر جب گیس B نقطے کے قریب ہوتی ہے تو اس کا زیادہ حصہ گیسی حالت میں اور کم حصہ مائع حالت میں ہوتا ہے ۔ مگر جب وہ C نقطے کے قریب ہوتی جاتی ہے تو اس کا زیادہ حصہ مائع بنتا جاتا ہے اور گیسی حصہ کم ہوتا جاتا ہے یہاں تک کہ جب وہ C نقطے تک پہنچ جاتی ہے تو وہ تمام کی تمام مائع میں منتقل ہو چکتی ہے ۔ اس حالت کے بعد جب اس پر مزید دباؤ ڈالا جاتا ہے تو مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ کا حجم کم نہیں ہوتا بلکہ وہ اسی قیمت پر قائم رہتا ہے جو نقطہ C سے ظاہر ہے ۔ اس لیے ہم تپش خط (Isothermal) کا اس کے بعد کا حصہ CD عمودی ہے اور اس وجہ سے وہ Y - محور کے متوازی ہے ۔ اس سے معلوم ہوتا ہے کہ D نقطہ کے بعد مائع

کاربن ڈائی اوکسائڈ پر دباؤ خواہ کتنے ہی زیادہ کرہ ہوائی کا ڈالا جائے اس مائع کا حجم گھٹنے نہیں پاتا ۔ یہ اس لیے ہوتا ہے کیونکہ ہر مائع اپنی خاصیت کے لحاظ سے قریباً قریباً غیرداب پذیر (Incompressible) ہے ۔

ہم تپش خط (Isothermal) میں B کے مقام پر جہاں پہلی بار گیس میں تکثیف یعنی مائع بننے کا آغاز ہوتا ہے ، گیس کا جتنا حجم ہو اسے **حجم مخصوصہ** (Specific volume) کہتے ہیں ۔ اس طرح C کے مقام پر جہاں گیس تمام کی تمام مائع بن چکتی ہے اس کا جو حجم ہوتا ہے ، وہ مائع حالت کا حجم کہلاتا ہے ۔ اس ہم تپش خط کے مطابق 13·1°C کے ٹمپریچر پر یہ دونوں حجم ایک دوسرے سے بہت مختلف ہیں یعنی ان میں جو فرق پایا جاتا ہے وہ کافی زیادہ ہے ۔ اس وجہ سے اس ٹمپریچر پر گیس کی بخاری کثافت (Vapour density) اور اس کی مائع کثافت (Liquid density) میں بہت اختلاف ہے ۔

اب اس کے اوپر کے یعنی 21·5°C کے ہم تپش خط (Isothermal) کو زیرغور لائیے ۔ اس میں EF وہ حصہ ہے جس پر گیس بوائل کے قانون کی پیروی کرتی ہے ۔ یہ حصہ پہلے کی نسبت زیادہ بڑا ہے ۔ نقطہ F پر گیس میں تکثیف (Condensation) یعنی مائع بننے کے عمل کا آغاز ہوتا ہے ۔ یہ نقطہ زیادہ اندر کو واقع ہے ، جس کا مطلب یہ ہے کہ اس ٹمپریچر پر گیس کی تکثیف صرف اسی صورت میں شروع ہوتی ہے جب اس پر دباؤ پہلے کی نسبت بہت زیادہ ڈالا جائے ۔ علاوہ ازیں اس حالت میں یعنی F نقطے پر اس کا حجم جو حجم مخصوصہ (Specific volume) کہلاتا ہے ، پہلے کی نسبت کم ہوتا ہے ۔ اس ہم تپش خط پر FG حصہ وہ ہے جس پر کاربن ڈائی اوکسائڈ ، گیس اور مائع دونوں حالتوں میں پہلو بہ پہلو موجود ہوتی ہے اور G وہ نقطہ ہے جس پر پہنچ کر وہ تمام کی تمام مائع حالت میں منتقل ہو جاتی ہے ۔ یہ G نقطہ نسبتاً اندر کو واقع ہے ۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ پہلے ہم تپش خط کے مقابلے میں یہاں دباؤ زیادہ اور حجم کم ہے ۔ G نقطے

کے بعد چونکہ تمام دباؤ مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ پر پڑتا ہے اس لیے یہ مائع غیر داب پذیر (Incompressible) ہونے کے باعث اپنا حجم برقرار رکھتا ہے جس کا نتیجہ یہ ہے کہ اس ہم تپش خط (Isothermal) کا آخری حصہ GH بھی عمودی یعنی Y ۔ محور کے متوازی ہے ۔

اوپر کی تفصیل سے ظاہر ہے کہ 13·1°C کا ہم تپش خط (Isothermal) اور 21·5°C کا ہم تپش خط یہ دونوں بنیادی طور پر ایک، دوسرے کے مشابہ ہیں ۔ فرق صرف یہ ہے کہ دوسرے ہم تپش خط کا افقی (Horizontal) حصہ GF پہلے ہم تپش خط کے افقی حصے CB سے چھوٹا ہے جس کے باعث دوسرے خط پر کاربن ڈائی اوکسائڈ کا حجم مخصوصہ (Specific volume) (جو نقطہ F پر ہوتا ہے)، اس کے مائع حجم سے (جو نقطہ G پر ہے) پہلے خط کے مقابلے میں قریب تر ہے ۔ دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ اونچے ٹمپریچر پر کاربن ڈائی اوکسائڈ کی بخاری کثافت (Vapour density) اور اس کی مائع کثافت (Liquid density) میں (جو دوسرے ہم تپش خط پر بالترتیب F اور G کے مقام پر پائی جاتی ہیں) فرق کم ہوتا جاتا ہے ۔

اب اس سے بھی اوپر کے یعنی 31·1°C کے ہم تپش خط (Isothermal) کو زیرغور لائیے ۔ اس ہم تپش خط میں افقی حصہ پہلی بار نابود ہو گیا ہے جس کا مطلب یہ ہے کہ 31·1°C یا اس سے اوپر کے ٹمپریچروں پر گیس پر خواہ کتنا ہی دباؤ ڈالا جائے اس کو مائع نہیں بنایا جا سکتا ۔ البتہ اگر گیس اس سے نیچے کے کسی ٹمپریچر پر ہو تو اس پر دباؤ ڈالنے سے اس کو مائع بنا لینا ممکن ہوتا ہے ۔ یہ خاص اونچے سے اونچا ٹمپریچر جس پر پہنچ کر پہلی بار گیس کو دباؤ ڈال کر مائع بنایا جا سکتا ہے، فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) کہلاتا ہے ۔ اگر گیس کا ٹمپریچر اس فاصل ٹمپریچر (Critical tempe-rature) سے ذرا سا بھی زیادہ ہو جائے تو اس پر دباؤ ڈالنے سے اس کا مائع بننا ناممکن ہوتا ہے ۔ اینڈریوز (Andrews) کے تجربے کے مطابق کاربن ڈائی اوکسائڈ کا فاصل ٹمپریچر 30·9°C ہے جو 31·1°C سے ذرا سا نیچے ہے ۔ اس فاصل ٹمپریچر پر گیس کا جو ہم تپش خط

(Isothermal) حاصل ہوتا ہے ، اسے **فاصل ہم تپش خط** (Critical temperature) کا نام دیا جاتا ہے۔

31·1°C کے ہم تپش خط کے درمیانی حصے میں P وہ مقام ہے جس سے ذرا نیچے کے نقطے پر کاربن ڈائی اوکسائڈ کا گیسی حجم (جو مائع بننے سے ذرا پہلے ہوتا ہے) اور مائع حجم دونوں برابر ہوتے ہیں۔ اس وجہ سے اس نقطے پر کاربن ڈائی اوکسائڈ کی بخاری کثافت (Vapour density) اور اس کی مائع کثافت (Liquid density) کی قیمتیں قریباً یکساں ہو جاتی ہیں۔ اس نقطہ کو **فاصل نقطہ** (Critical point) کا نام دیا جاتا ہے۔

31·1°C کے اس ہم تپش خط کے بارے میں ایک اور قابل ذکر بات یہ ہے کہ اس کی شکل درمیان میں یعنی P کے گرد و نواح میں بالکل اُفقی تو نہیں ہوتی مگر اس میں اُفقی ہونے کی طرف میلان پیدا ہو جاتا ہے۔ اس سے ظاہر ہے کہ اس جگہ دباؤ اگر معمولی سا بڑھتا ہے تو حجم اس سے بڑی نسبت سے گھٹ جاتا ہے۔ **گویا گیس مقام پر کاربن ڈائی اوکسائڈ گیسی حالت میں ہونے کے باوجود بوائل کے قانون کی مطابقت نہیں کرتی۔**

اس سے اوپر 32·5°C اور 35·5°C کے ہم تپش خطوط (Isothermals) ہیں۔ یہ ان معنوں میں تو 31·1°C کے ہم تپش خط (Isothermal) کے مشابہ ہیں کہ ان کے ساتھ ساتھ کاربن ڈائی اوکسائڈ مکمل طور پر گیسی حالت میں رہتی ہے۔ البتہ جہاں 31·1°C کے ہم تپش خط کے درمیانی حصے کا میلان اُفق کی طرف ہوتا ہے وہاں اوپر کے ٹمپریچر کے ہم تپش خطوط میں یہ خصوصیت مٹتی جاتی ہے اور ان کے درمیانی حصے کی شکل بھی اسی نوع کی ہوتی جاتی ہے جیسی ہر ہم تپش خط کے ابتدائی اس حصے کی ہوتی ہے جہاں گیس پر بوائل کا قانون صادق آتا ہے۔ اس سے ثابت ہوتا ہے کہ **جب کاربن ڈائی اوکسائڈ کا ٹمپریچر اس کے فاصل ٹمپریچر سے کافی اونچا ہوتا جائے تو وہ بوائل کے قانون کی مطابقت کرتی جاتی ہے البتہ جب اس کا ٹمپریچر فاصل ٹمپریچر کے**

قریب تر ہوتا جائے تو وہ بوائل کے قانون کی پیروی نہیں کرتی - چنانچہ اس صورت میں دباؤ کے بڑھنے سے اس کے حجم میں جو کمی پیدا ہوتی وہ اس سے زیادہ ہوتی ہے جو بوائل کے قانون کے مطابق ہونی چاہیئے -

گیس کے فاصل مستقل - کسی گیس کا فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) اس کا فاصل دباؤ (Critical pressure) اور اس کا فاصل حجم (Critical volume) یہ تینوں گیس کے **فاصل مستقل** (Critical Constants) کہلاتے ہیں - ان کی تعریفیں حسب ذیل ہیں -

فاصل ٹمپریچر - کسی گیس کے فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) سے وہ ٹمپریچر مراد ہے جس پر پہنچ کر گیس اول مرتبہ دباؤ ڈالنے سے مائع بنتی ہے - اگر گیس کا ٹمپریچر اس سے اونچا ہو تو اس پر خواہ کتنا ہی دباؤ ڈالا جائے ، اس کو مائع حالت میں تبدیل نہیں کیا جا سکتا - البتہ اگر گیس کا ٹمپریچر اس سے کم ہو تو اس پر دباؤ ڈالنے سے اسے مائع بنایا جا سکتا ہے -

فاصل دباؤ - جب گیس فاصل ٹمپریچر پر ہو تو وہ دباؤ ، جو اس کو مائع حالت میں تبدیل کرنے کے لیے درکار ہوتا ہے ، **فاصل دباؤ** (Critical pressure) کہلاتا ہے -

فاصل حجم - جب کوئی گیس فاصل ٹمپریچر پر ہو اور اس پر فاصل دباؤ ڈالا جائے تو اس کا جو حجم ہو جاتا ہے وہ **فاصل حجم** (Critical volume) کہلاتا ہے - چونکہ اس سٹیج پر وہ پہلی بار مائع بننے لگتی ہے اس لیے یہی حجم اس ٹمپریچر پر حجم مخصوصہ (Specific volume) بھی ہوتا ہے - اس سے ظاہر ہے کہ **کسی گیس کا فاصل حجم اور فاصل ٹمپریچر پر اس کا حجم مخصوصہ یہ دونوں باہم برابر ہوتے ہیں** -

کسی گیس کے فاصل حجم (Critical volume) اور حجم مخصوصہ (Specific volume) کی قیمتوں کا تعین کرنے کے لیے اس کی کمیت یعنی ماس (Mass) کا تعین بھی ضروری ہو جاتا ہے - اس ضمن میں عام قاعدہ یہ ہے کہ گیس کی کمیت (Mass) ایک گرام اور بعض

صورتوں میں ایک گرام مالیکیول لی جائے اور ساتھ ھی یہ تصریح کر دی جائے کہ یہ فاصل حجم یا حجم مخصوصہ گیس کی ایک گرام مقدار یا ایک گرام مالیکیول مقدار کا ھے ۔

نوٹ ۔ آوپر کی شکل میں C ، G اور P کو بائیں طرف اور B ، F اور P کو دائیں طرف سے ایک نقطہ دار خط کے ساتھ ملاؤ ، جس سے کج خط (Curve) CGPFB حاصل ھو جائے ۔ اس کج خط کے دائیں طرف کاربن ڈائی اوکسائڈ تمام کی تمام گیسی حالت میں ھوتی ھے اور اس کج خط (Curve) کے بائیں طرف وہ تمام کی تمام مائع حالت میں ھوتی ھے ۔ البتہ اس نقطہ دار کج خط (Curve) کے اندر وہ جزوی طور پر گیسی اور مائع دونوں حالتوں میں پائی جاتی ھے ۔

اینڈریوز کے تجربے کے نتائج ۔ اینڈریوز کے اس تجربے سے مندرجہ ذیل نتائج حاصل ھوئے :

۱ ۔ نام نہاد مستقل گیسوں (Permanent gases) اور مائع پذیر گیسوں (Liquefiable gases) میں بنیادی طور پر کوئی فرق نہیں ھے ۔

یہ وہ زمانہ تھا جب آکسیجن ، نائٹروجن اور ھائیڈروجن کو مائع بنانے میں سائنس دانوں کو کامیابی نہیں ھوئی تھی ۔ وہ ان گیسوں کو جتنی بھی ٹھنڈک پہنچاتے اور اس پر جتنا بھی دباؤ ڈالتے تھے، وہ انھیں مائع حالت میں تبدیل نہیں کر سکتے تھے ۔ اس کے برعکس کاربن ڈائی اوکسائڈ اور امونیا جیسی گیسوں کی یہ کیفیت تھی کہ انھیں مناسب ٹھنڈک پہنچانے اور دباؤ ڈالنے سے مائع بنا لیا جاتا تھا ۔ اس وجہ سے سائنس دانوں نے گیسوں کو ذیل کی دو قسموں میں تقسیم کر رکھا تھا ۔

(ا) **مستقل گیسیں** (Permanent gases) ۔ مثلاً آکسیجن ، نائٹروجن اور ھائیڈروجن ۔ ان گیسوں کو مستقل گیسیں کہنے کی وجہ آن کے نزدیک یہ تھی کہ یہ گیسیں مستقل طور پر گیسی حالت میں رھتی تھیں اور انھیں مائع بنانا ان کے لیے ممکن نہ تھا ۔

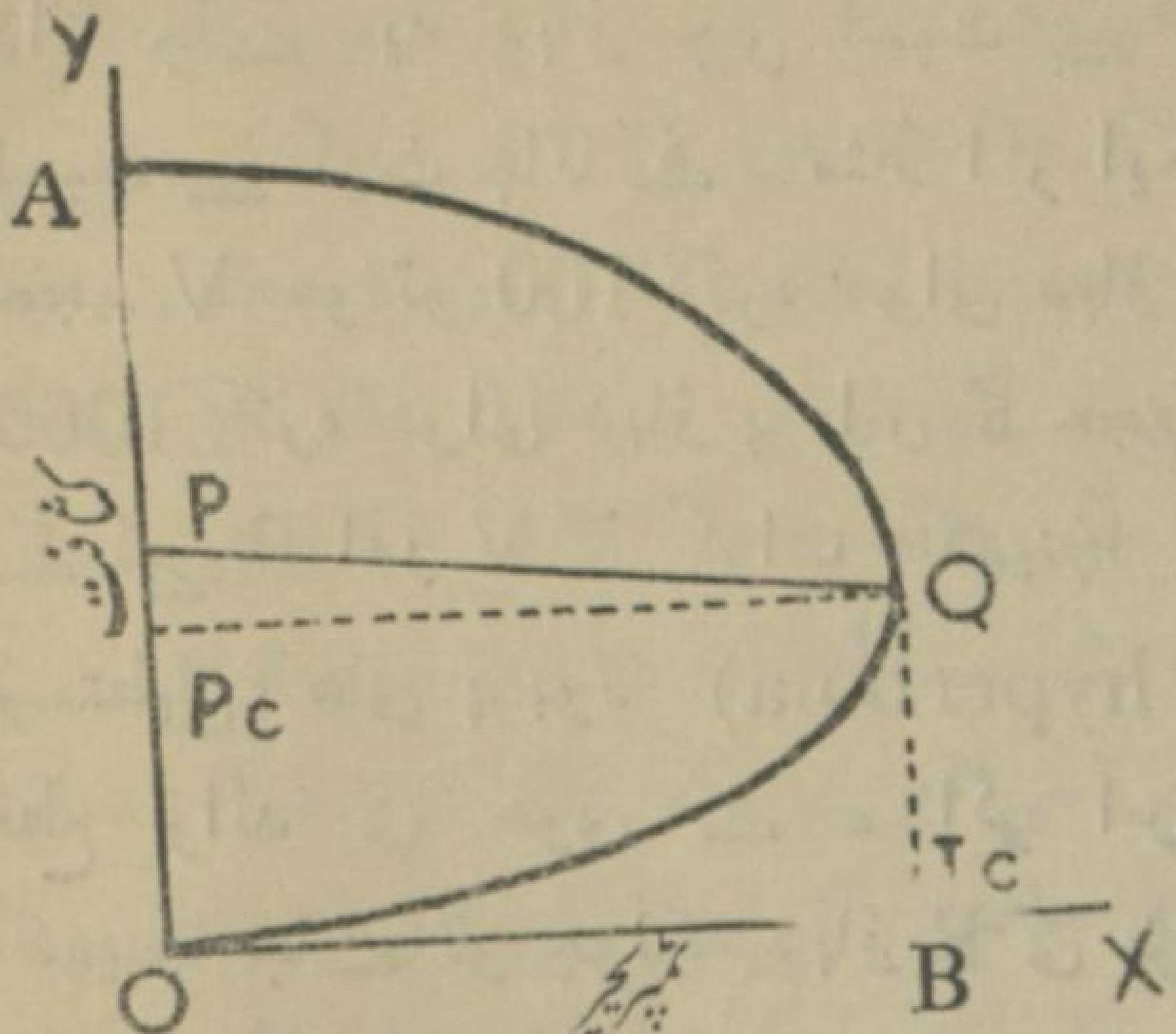
(ب) مائع پذیر گیسیں (Liquefiable gascs) - مثلاً کاربن ڈائی اوکسائڈ اور امونیا - ان گیسوں کو وہ ٹھنڈک پہنچا کر اور دباؤ ڈال کر مائع حالت میں تبدیل کر لیتے تھے اور اس وجہ سے ان کا شمار وہ مائع پذیر گیسوں میں کرتے تھے - اینڈریوز نے اپنے تجربات کی بنا پر یہ درست فیصلہ دیا کہ مستقل گیسوں اور مائع پذیر گیسوں میں کوئی حد فاصل نہیں ہے اور ان کی الگ الگ اقسام مقرر کرنا غیرضروری ہے - جن گیسوں کو مستقل سمجھا جاتا ہے اس کی حقیقت محض یہ ہے کہ ان کے فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) بہت نیچے ہیں اور اس لیے ان نیچے ٹمپریچروں تک اُن گیسوں کو ٹھنڈا کیے بغیر خواہ ان پر کتنا ہی دباؤ ڈالا جائے ، انھیں مائع نہیں بنایا جا سکتا - لیکن جن گیسوں کو مائع پذیر گیسیں (Liquefiable gase3) سمجھا جاتا ہے ، ان کے فاصل ٹمپریچر عام ٹمپریچر سے یا تو اوپر ہوتے ہیں یا تھوڑا سا نیچے ہوتے ہیں - البتہ وہ بہت زیادہ نیچے نہیں ہوتے - اس لیے ان کو مناسب ٹھنڈک پہنچانے کے بعد جب ان پر دباؤ ڈالا جاتا ہے تو وہ مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی ہیں - بعد کی تحقیقات نے اینڈریوز کے اس فیصلے کی تصدیق کی کیونکہ آکسیجن ، نائٹروجن اور ھائیڈروجن کے فاصل ٹمپریچر بالترتیب 118·8°C— ، 147·1°C – اور 239·9°C— ہوتے ہیں اور ان نیچے ٹمپریچروں تک پہنچنے کے وسائل اس عہد کے سائنس دانوں کو حاصل نہ تھے -

۲ - **حالت کا تسلسل** - اینڈریوز کے تجربات سے اس حقیقت کی مزید تصدیق ہو گئی کہ گیس اور مائع مادے کی دو قطعی الگ الگ حالتیں نہیں ہیں بلکہ ان کے درمیان ایک باقاعدہ تسلسل پایا جاتا ہے جس کو حالت کا تسلسل (Continuity of state) کہتے ہیں - اینڈریوز نے درست طور پر یہ فیصلہ دیا کہ گیس اور مائع طبیعی تبدیلیوں کے ایک ایک پیہم سلسلے کی دو کڑیاں ہیں البتہ انہیں دو دور افتادہ کڑیاں کہا جا سکتا ہے -

فاصل مستقلوں یعنی فاصل ٹمپریچر، فاصل دباؤ اور فاصل حجم کی پیمائش - جہاں تک فاصل ٹمپریچر اور فاصل دباؤ کا تعلق ہے اسے

کانی‌آر دو لاتور (Cagniard de la Tour) کے طریقے سے ، جس کی تفصیل پہلے گزر چکی ہے ، معلوم کیا جا سکتا ہے - فاصل حجم کی پیمائش البتہ بہت مشکل ہے کیونکہ فاصل (Critical) حالات میں دباؤ کی خفیف سی کمی بیشی سے حجم میں بہت زیادہ فرق پڑ جاتا ہے - علاوہ ازیں کسی شے کے فاصل حجم (Critical volume) کی براہ راست پیمائش کے لیے یہ ضروری ہے کہ وہ شے عین فاصل ٹمپریچر پر ہو ،کیونکہ اگر اس کے ٹمپریچر میں معمولی سی تبدیلی مثلاً 0·1°C کی تبدیلی پیدا ہو جائے جس کا تجربے کے دوران میں ہو جانا اغلب ہے تو حجم میں بہت زیادہ فرق پڑ جاتا ہے - اس مشکل کو دور کرنے کے لیے دو سائنس دانوں کیلی تیت (Cailletet) اور ماتھیاس (Mathias) نے فاصل حجم (Critical volume) معلوم کرنے کا ایک نیا طریقہ وضع کیا جو اوسط کثافت کی پیمائش پر مبنی ہے -

اگر کسی مائع اور اس کے بخارات کی کثافت فاصل نقطے تک معلوم کی جائے تو پتا چلتا ہے کہ سیر شدہ بخارات کی کثافت ٹمپریچر کے ساتھ فاصل نقطے تک برابر بڑھتی جاتی ہے اور اسی طرح مائع کی کثافت ٹمپریچر کے ساتھ فاصل نقطے تک برابر گھٹتی جاتی ہے ، یہاں تک کہ فاصل نقطے کے قریب پہنچ کر یہ دونوں کثافتیں قریباً برابر ہو جاتی ہیں - اب اگر ان دونوں کثافتوں کا اوسط لیا جائے تو اس طرح جو اوسط کثافت ρ حاصل ہوتی ہے اس کا آلٹ یعنی $\frac{1}{\rho}$ مطلوبہ حجم ہوگا - اوسط کثافت کو معلوم کرنے کے لیے ان سائنس دانوں نے مختلف ٹمپریچروں پر مائع اور سیرشدہ بخارات کی کثافتیں معلوم کیں اور پھر گراف کے ذریعے ان کو ظاہر کیا تو معلوم ہوا کہ ٹمپریچر کے بڑھنے سے سیرشدہ بخارات کی کثافت فاصل نقطے (Critical point) تک برابر بڑھتی جاتی ہے اور ادھر مائع کی کثافت اسی نقطے تک گھٹتی جاتی ہے ، یہاں تک کہ فاصل نقطے (Critical point) پر پہنچ کر یہ دونوں قیمتیں قریباً برابر ہو جاتی ہیں یعنی فاصل نقطے پر جو کثافت مائع کی ہوتی ہے اس کے سیر شدہ بخارات کی کثافت بھی قریباً



اتنی ہی ہوتی ہے - چنانچہ ٹمپریچر کثافت کے گراف پر جب مائع اور سیر شدہ بخارات کی ان قیمتوں کو ظاہر کیا جائے تو مائع کے لیے ایک کج خط (Curve) AQ آوپر سے نیچے آتا ہوا اور سیر شدہ بخارات کے لیے ایک کج خط (Curve) OQ نیچے سے آوپر کو جاتا ہوا حاصل ہوتے ہیں - یہ دونوں کج خط Q پر ایک دوسرے سے مل جاتے ہیں اور دونوں مل کر ایک پیرا بولا (Parabola) یعنی قطع مساوی بنا دیتے ہیں - OA کا نقطہ تنصیف P لو اور P سے ایک ایسا خط کھینچو جس پر کا یہ نقطہ مائع اور سیرشدہ بخارات کی کثافتوں کی اوسط یعنی $\frac{1}{2}(\rho_1+\rho_2)$ کو ظاہر کرتا ہو جب کہ ρ_1 مائع کی اور ρ_2 سیرشدہ بخارات کی کثافت ہے ، تو چونکہ فاصل نقطہ Q پر جا کر یہ دونوں کثافتیں ایک ہو جاتی ہیں ، اس لیے یہ خط نقطہ Q میں سے گزرے گا اور PQ شکل اختیار کرے گا - اس خط کو پیرا بولا کا مستطیلی قطر (Rectilinear diameter) کہتے ہیں - Q سے خط QB محور OX پر عمود کھینچو- تب خط OB فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) T_c کو اور خط QB اس ٹمپریچر پر کثافت ρ_c کو ظاہر کرتا ہے - اب اگر مائع کا فاصل حجم (Critical volume) v_c ہو تو

$$v_c=\frac{1}{\rho_c}$$

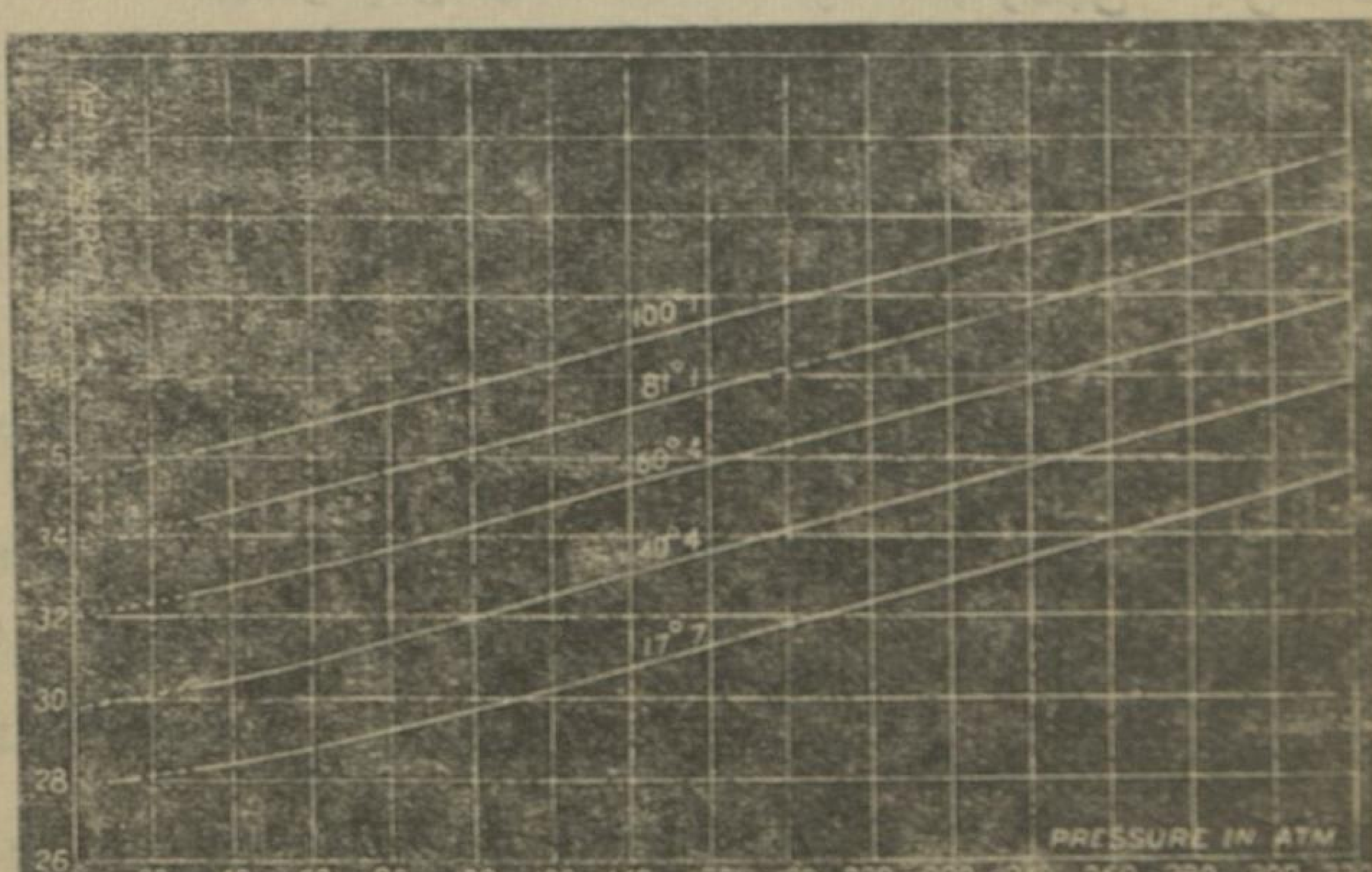
اس سے فاصل حجم v_c معلوم ہو جاتا ہے -

بہت اونچے دباؤ پر گیسوں کا رویہ - اگر ایک گیس مکمل طور پر بوائل کے قانون (Boyle's law) کی پیروی کرتی ہو تو وہ کامل گیس

(Perfect gas) کہلاتی ہے - ایسی گیس پر دباؤ خواہ کتنا ہی زیادہ ڈالا جائے یہ دباؤ جس نسبت سے بڑھتا ہے گیس کا حجم بالکل اسی نسبت سے گھٹ جاتا ہے - مثلاً اگر ایک کرہ ہوائی دباؤ پر اس گیس کا حجم V ہو تو 100 کرہ ہوائی دباؤ پر اس کا حجم عین $\frac{1}{100}$V اور 1000 کرہ ہوائی دباؤ پر اس کا حجم عین $\frac{1}{1000}$V ہوگا - اگر اس گیس کے لیے P اور V کا گراف کھینچا جائے تو اس کی صورت ایک مستطیلی ھائی پربولا (Rectangular hyperbola) یعنی مستطیلی قطع زائد کی ہوتی ہے - اگر اس گیس کے لیے P اور PV کا گراف کھینچا جائے تو چونکہ دباؤ P کی بڑی سے بڑی قیمت کے مقابلے میں بھی اس گیس کی PV کی قیمت مستقل رہتی ہے ، اس لیے P اور PV کا یہ گراف ایک ایسا سیدھا خط ہوتا ہے جو X محور یعنی OX کے بالکل متوازی رہتا ہے - دنیا میں فی الواقع کوئی ایسی گیس نہیں ہے جو ان معنوں میں کامل گیس (Perfect gas) ہو - جن گیسوں کو عام طور پر مستقل گیسیں (Permanent gases) کہا جاتا ہے اور جن میں آکسیجن ، نائٹروجن اور ہائیڈروجن شامل ہیں ان کا یہ حال ہے کہ وہ قریباً 4 کرہ ہوائی دباؤ تک بوائل کے قانون کی مکمل پیروی کرتی ہیں یعنی اگر ان پر دباؤ ایک کرہ ہوائی یعنی (1P) سے 4 کرہ ہوائی یعنی (4P) تک بڑھا دیا جائے تو ان کا حجم V سے عین $\frac{1}{4}$V ہو جاتا ہے اور اس وجہ سے ان کے لیے 4 کرہ ہوائی دباؤ تک P اور PV کا گراف X محور کے عین متوازی ایک خط مستقیم کی صورت کا ہوتا ہے - ان امور کی تصدیق خود بوائل (Boyle) نے 1660ء کے لگ بھگ کی تھی اور ان کی بنا پر اس نے اپنے مشہور قانون یعنی بوائل کے قانون (Boyle's law) کا اعلان کیا تھا - 1827ء میں ایک اور سائنس دان ڈے پرے (Despret) نے اس تحقیقات کو بڑھایا - اس نے ہوا ، امونیا ، کاربن ڈائی اوکسائڈ اور ہائیڈروجن پر ایک کرہ ہوائی سے 20 کرہ ہوائی دباؤ ڈال کر ثابت کیا کہ اگرچہ ایک کرہ ہوائی دباؤ پر ابتدا میں ان چاروں گیسوں کے حجم برابر تھے ، لیکن 20 کرہ ہوائی

دباؤ کے ماتحت اُن کے حجم مساوی نہیں رہے تھے ۔ امونیا اور کاربن ڈائی اوکسائڈ کے حجم اس اونچے دباؤ کے ماتحت ھوا کے حجم سے کم تھے ، لیکن ھائیڈروجن کا حجم ھوا کے حجم سے زیادہ تھا ۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ اُونچے دباؤ پر PV کی قیمت P کے بڑھنے پر کاربن ڈائی اوکسائڈ اور امونیا کے لیے گھٹتی جاتی ھے ، مگر ھائیڈروجن کے لیے PV کی قیمت P کے بڑھنے پر زیادہ ھوتی جاتی ھے ۔ 1847ء میں مشہور فرانسیسی سائنس دان ، رینو (Regnault) نے اسی تجربے کو 30 کرہ ھوائی دباؤ تک بڑھا کر اسی قسم کے نتائج حاصل کیے ، لیکن اس تحقیقات میں سب سے عظیم الشان اور تاریخی کارنامہ ایک سائنس دان ایمے گٹ (Amagat) نے 1880ء میں سرانجام دیا ۔ اس نے بہت سی گیسوں پر ایک کرہ ھوائی سے لے کر 3000 کرہ ھوائی کا دباؤ ڈالا اور P کے مقابلے میں PV کے کج خط (Curve) مختلف گیسوں کے لیے معلوم کیے۔ ان میں سے ھائیڈروجن ، نائٹروجن اور کاربن ڈائی اوکسائڈ کے کج خط (Curves) مختلف گرافوں کی صورت میں نیچے دیے گئے ھیں ۔

سب سے پہلے ھم ھائیڈروجن کے گراف کا مطالعہ کرتے ھیں ۔ اس گراف میں P اور PV کے درمیان کج خط (Curves) 17·7°C ، 40·4°C ، 60·4°C ، 81·1°C اور 100·1°C پر کھینچے گئے ھیں ۔

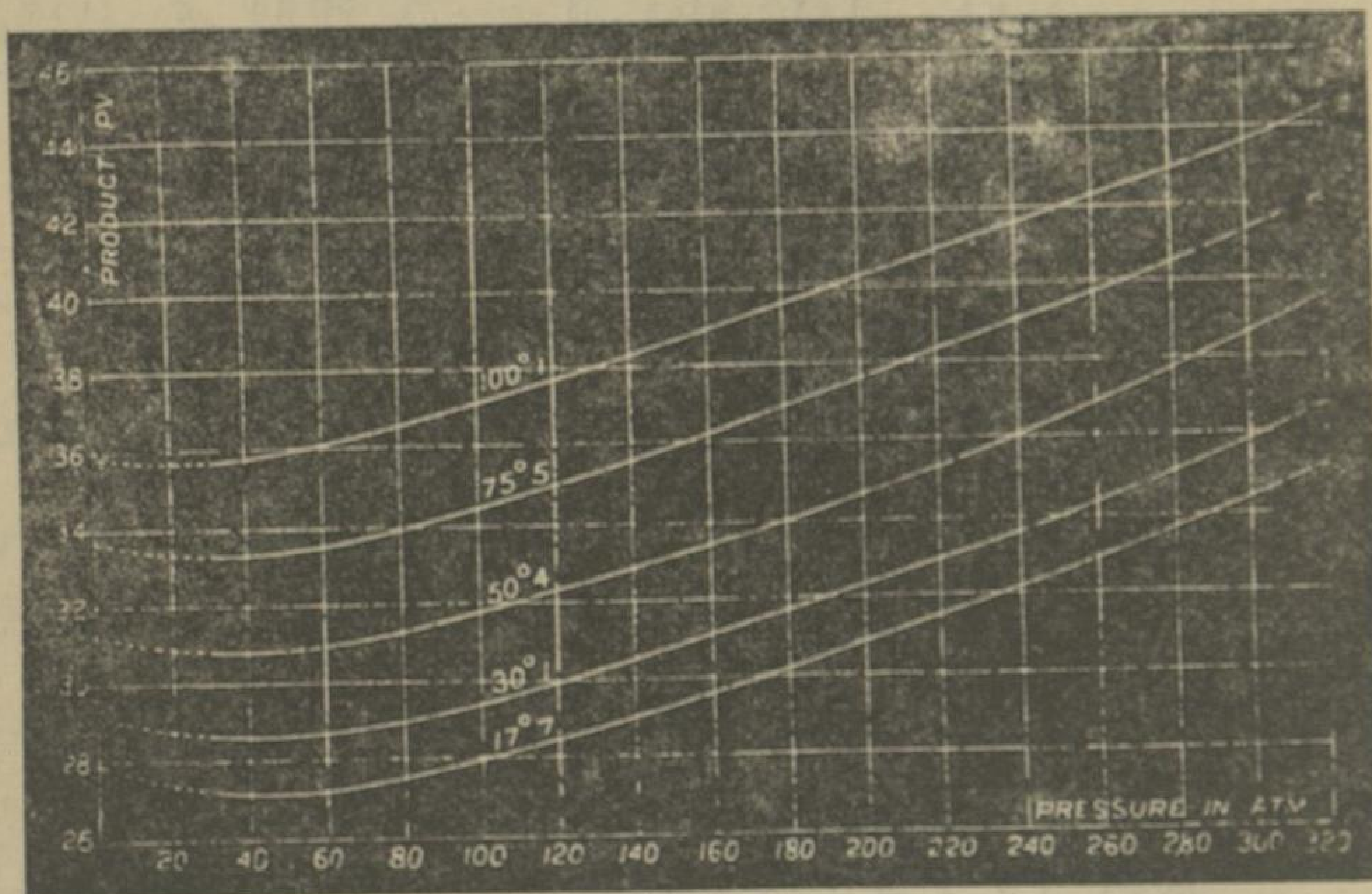


جو 1 کرہ ہوائی سے 320 کرہ ہوائی دباؤ تک کے ہیں ، ان کج خطوں سے ظاہر ہے کہ ہائیڈروجن کے لیے P کے ساتھ PV کی قیمت متواتر بتدریج بڑھتی جاتی ہے اور یہ کیفیت تمام ٹمپریچروں پر صادق آتی ہے ۔ اس سے معلوم ہوتا ہے کہ ہائیڈروجن کے لیے اونچے دباؤ پر حجم V کی قیمت اس سے زیادہ ہوتی ہے جو بوائل کے قانون کے مطابق ہونی چاہیے ۔ دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ یہ گیس ایک مثالی کامل گیس (Perfect gas) کے مقابلے میں کم دباؤ پذیر (-Compres sible) ہے ۔

ہائیڈروجن گیس کے اس گراف کا تفصیلی مطالعہ کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ ایمے گٹ (Amagat) کے تجربے کے مطابق جب ہائیڈروجن کا ٹمپریچر 17·7°C ہو تو 20 کرہ ہوائی کے دباؤ پر اس کے حجم کی قیمت قریباً 1·4 یونٹ ہے جس سے PV کی قیمت اس دباؤ پر 28 نکلتی ہے ۔ 110 کرہ ہوائی کے دباؤ پر V کی قیمت قریباً 0·275 یونٹ اور PV کی قیمت 30 ہو جاتی ہے ۔ حالانکہ اگر ہائیڈروجن گیس ان حدود کے درمیان مکمل طور پر بوائل کے قانون کی پیروی کرتی ہو تو 110 کرہ ہوائی دباؤ کے ماتحت V کی قیمت 0·275 یونٹ کی بجائے 0·255 اور PV کی قیمت وہی 28 رہتی ۔ 260 کرہ ہوائی کے دباؤ پر ہائیڈروجن کے لیے اسی ٹمپریچر پر V کی قیمت قریباً 0·131 یونٹ اور PV کی قیمت 34 ہو جاتی ہے حالانکہ اگر ہائیڈروجن گیس ان حدود کے درمیان ایک کامل گیس کی طرح بوائل کے قانون کی مکمل پیروی کرتی تو 260 کرہ ہوائی دباؤ کے ماتحت V کی قیمت 0·131 یونٹ کی بجائے 0·108 یونٹ اور PV کی قیمت وہی 28 رہتی ۔ اس گراف میں دیگر ٹمپریچروں مثلاً 40·4°C ، 60·4°C ، 81·1°C اور 100·1°C پر P اور PV کے درمیان جو کج خط (Curves) موجود ہیں ، وہ سب کے سب پہلے یعنی 17·7°C کے کج خط کے متوازی ہیں ۔ اس سے معلوم ہوتا ہے کہ ہائیڈروجن کے لیے ہر ٹمپریچر پر P کے بڑھنے سے PV کی قیمت یکساں شرح سے بڑھتی ہے ۔

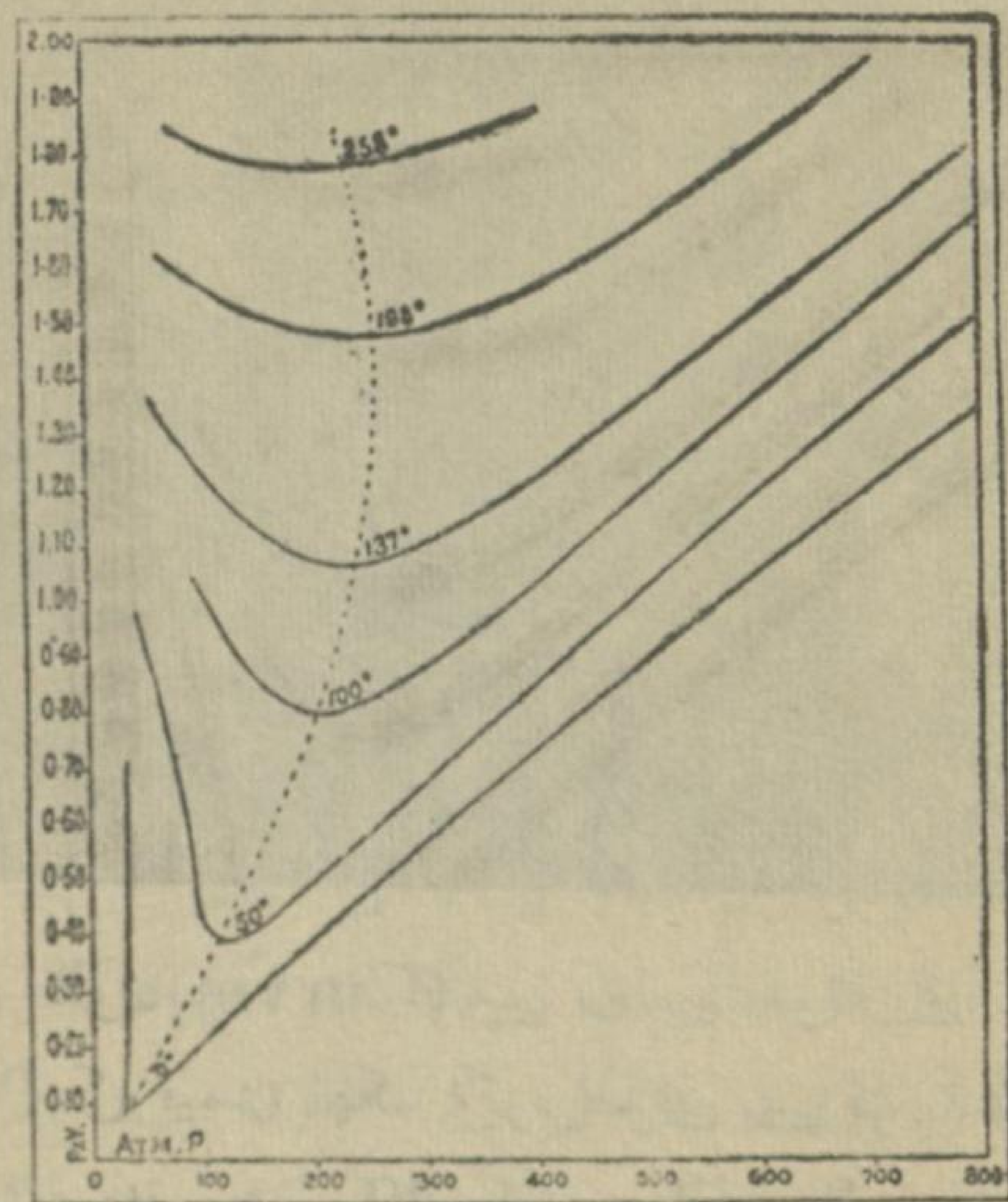
ذیل میں نائٹروجن کے لیے P اور PV کا گراف دیا گیا ہے جس پر

P اور PV کے درمیان کج خط (Curves) 17·7°C ، 30·1°C ، 50·4°C ، 75·5°C اور 100·1°C پر کھینچے گئے ہیں - یہ بھی ایک کرہ ہوائی سے 320 کرہ ہوائی دباؤ تک کے لیے ہیں -



ان کج خطوں(Curves) سے معلوم ہوتا ہے کہ نائٹروجن کے لیے P کے ساتھ PV کی قیمت ایک کرہ ہوائی سے قریباً 40 کرہ ہوائی دباؤ تک بتدریج گھٹتی جاتی ہے - 40 کرہ ہوائی دباؤ پھر یہ قیمت کم از کم ہوتی ہے اس کے بعد یہ بتدریج بڑھنے لگتی ہے اور پھر 320 کرہ ہوائی دباؤ تک برابر بڑھتی جاتی ہے - یہ کیفیت تمام ٹمپریچروں پر صادق آتی ہے جس سے معلوم ہوتا ہے کہ **نائٹروجن گیس ایک مثالی کامل گیس (Perfect gas)کے مقابلے میں قریباً 40 کرہ ہوائی دباؤ تک زیادہ دباؤ پذیر (Compressible) ہوتی ہے** یعنی ان حدود میں اس کے حجم V کی قیمت اس سے کم ہوتی ہے ، جو بوائل کے قانون کے مطابق ہونی چاہیے- قریباً 100 کرہ ہوائی دباؤ پر اس کے حجم کی قیمت خفیف سی شرح سے گھٹتے گھٹتے اسی قیمت پر آ جاتی ہے ، جو بوائل کے قانون کی مطابقت میں ہونی چاہیے- البتہ اونچے دباؤ پر اس کے حجم V کی قیمت اس سے زیادہ ہوتی ہے ، جو بوائل کے قانون کی مطابقت میں ہو سکتی ہے ، اس لیے بہت اونچے دباؤ پر نائٹروجن بھی ایک کامل گیس کے مقابلے میں کم داب پذیر (Compressible) ہو جاتی ہے -

ذیل میں کاربن ڈائی اوکسائڈ کے لیے P اور PV کا گراف ہے جس پر P اور PV کے درمیان کج خط (Curves) 0°C ، 50°C ، 100°C ، 137°C ، 198°C اور 258°C پر کھینچے گئے ہیں جو ایک کرہ ہوائی سے 800 کرہ ہوائی دباؤ کے لیے ہیں۔



ان کج خطوں (Curves) کے مطالعے سے معلوم ہوتا ہے کہ اونچے ٹمپریچروں مثلاً 100°C یا 137°C یا 198°C پر کاربن ڈائی اوکسائڈ کے کج خط قریباً قریباً اسی قسم کے ہیں جیسے وہ نائٹروجن کے لیے ہیں، یعنی ان ٹمپریچروں پر PV کی قیمت P کے بڑھانے سے پہلے یہاں گھٹتی گھٹتی ایک کم از کم مقدار تک پہنچ جاتی ہے۔ اس کے بعد وہ بڑھنی شروع ہوتی ہے اور پھر برابر بڑھتی چلی جاتی ہے۔ البتہ نیچے کے ٹمپریچروں پر یہ فرق پیدا ہو جاتا ہے کہ ابتدا میں ٹمپریچر کے بڑھنے پر حجم زیادہ تیزی سے گرتا ہے اور اس لیے کم از کم حجم کا نقطہ بہت نیچا رہ جاتا ہے۔ یہی صورت ایسی دیگر گیسوں کو بھی پیش آتی ہے جو کاربن ڈائی اوکسائڈ کی طرح نسبتاً آسانی سے مائع بن جاتی ہیں۔

بعد کے تجربات سے معلوم ہوتا ہے کہ اگر ہائیڈروجن گیس کا ٹمپریچر 175°C– سے نیچے ہو اور اس پر ایک کرہ ہوائی سے لے کر 100 کرہ ہوائی دباؤ تک ڈالا جائے تو ہائیڈروجن کی صورت میں بھی P کے ساتھ PV کی قیمت پہلے گھٹتی ہے اور ایک کم از کم قیمت تک پہنچنے کے بعد بڑھنی شروع ہوتی ہے اور پھر متواتر بڑھتی جاتی ہے۔

ایمے گٹ (Amagat) کے کئی سال بعد ایک اور سائنس دان، ہول بورن (Holborn) نے 1915ء میں اپنے ترقی دادہ آلات کی مدد سے گیسوں پر یہی تحقیقات کی۔ اس نے 180°C – سے لے کر 400°C تک مختلف ٹمپریچروں پر متعدد گیسوں پر ایک کرہ ہوائی سے لے کر 1000 کرہ ہوائی تک کا دباؤ ڈالا اور P کے ساتھ ساتھ PV کی قیمتیں معلوم کر کے ایمے گٹ (Amagat) کے حاصل کردہ نتائج کی تصدیق کی۔ اسی زمانے میں ایک سائنس دان، اونس (Onnes) نے اس تحقیقات کو نہایت نیچے ٹمپریچروں پر جو مطلق صفر یعنی 273°C– کے قریب تک پہنچتے ہوئے تھے، سرانجام دیا۔ **ان تمام سائنس دانوں کی تحقیقات کا حاصل یہ تھا کہ اونچے دباؤ پر کوئی حقیقی گیس مکمل طور پر بوائل کے قالون کی پیروی نہیں کرتی اور اس لیے**

$$PV = A$$

کی مساوات (جب کہ A ایک مستقل ہو) ایسی گیس پر پوری پوری صحیح نہیں اترتی۔ ہول بورن (Holborn) نے اس مساوات میں ترمیم کر کے بتایا کہ حقیقی گیسوں پر جو مساوات فی الواقع صادق آتی ہے، وہ ذیل کی صورت کی ہوتی ہے۔

$$PV = A + Bp + Cp^2 + Dp^3$$

ان میں سے A کی قیمت تو RT کے برابر ہوتی ہے اور C, B اور D دیگر مستقل ہیں جن کی قیمتیں ایک خاص ٹمپریچر کے لیے تو برقرار رہتی ہیں، مگر کسی دوسرے ٹمپریچر کے لیے وہ مختلف ہو جاتی ہیں۔ A سے B کی قیمت بہت چھوٹی اور $\frac{1}{1000}$ کے اندازے (Order) کی ہوتی ہے۔ A سے C کی قیمت $\frac{1}{100000}$ اور $\frac{1}{1000000}$ کے اندازے کی

ہوتی ہے - D کی قیمت اس سے بھی بے حد کم ہوتی ہے اس لیے اسے نظر انداز کیا جا سکتا ہے - اس صورت میں ترمیم شدہ مساوات

$$pv = RT + Bp + Cp^2$$

کی صورت اختیار کر لیتی ہے -

C کی قیمت تو تمام گیسوں کے لیے ہر ٹمپریچر پر مثبت ہی رہتی ہے مگر نیچے کے ٹمپریچروں پر B کی قیمت منفی ہو جاتی ہے - جب p کی قیمت بہت زیادہ نہ ہو یعنی 30 یا 40 کرہ ہوائی سے زیادہ نہ ہو تو C کے نہایت چھوٹا ہونے کے باعث Cp^2 کو بھی نظر انداز کیا جا سکتا ہے - اور مذکورہ مساوات

$$pv = RT + Bp$$

کی صورت اختیار کر لیتی ہے -

نیچے ٹمپریچروں پر چونکہ B منفی ہوتا ہے اس لیے p کے ایک کرہ ہوائی سے 40 یا 50 کرہ ہوائی تک بڑھنے پر pv کی قیمت گھٹتی ہے - چنانچہ نائٹروجن اور کاربن ڈائی اوکسائڈ کے لیے ایمے گٹ (Amagat) کے جو کج خط اوپر دیے جا چکے ہیں ، ان سے یہ بات واضح ہے -

جب ٹمپریچر اونچا ہونے لگے تو B کی منفی قیمت عددی طور پر کم ہوتے ہوتے ایک خاص ٹمپریچر پر صفر ہو جاتی ہے - اس ٹمپریچر پر گیسی مساوات

$$pv = RT$$

بن جاتی ہے جو ایک کامل گیس کی مساوات ہے - اس وجہ سے اس ٹمپریچر پر دباؤ کے کافی بڑے حدود کے اندر اندر گیس بوائل کے قانون کی کامل پیروی کرتی ہے - اس ٹمپریچر کو بوائل ٹمپریچر (Boyle temperature) کہتے ہیں -

بوائل ٹمپریچر سے اونچے ٹمپریچروں پر B کی قیمت مثبت ہو جاتی ہے ، اس لیے

$$pv = RT + Bp^2$$

کے مطابق جب گیس کا ٹمپریچر بوائل ٹمپریچر سے کافی اونچا ہو تو p کے زیادہ ہونے پر ابتدا ہی سے pv کی قیمت بڑھنے لگتی ہے - pv کے کم ہونے کی نوبت نہیں آتی - تجربے سے معلوم ہوا ہے کہ بوائل ٹمپریچر (Boyle temperature) نائٹروجن کے لیے 50°C اور ہائیڈروجن کے لیے −164°C ہے - اس وجہ سے جب نائٹروجن کا ٹمپریچر 50°C سے کافی کم ہو مثلاً 17·1°C ہو تو p کے بڑھانے پر pv کی قیمت ابتدا میں گھٹتی ہے - جب اس کا ٹمپریچر 50°C کے گرد ہو تو p کے بڑھانے پر pv کی قیمت مستقل رہتی ہے - جب نائٹروجن کا ٹمپریچر اس کے بوائل ٹمپریچر سے بہت اونچا ہو ، مثلاً 100°C یا اس سے بھی زیادہ ہو تو p کے بڑھانے پر pv کی قیمت ابتدا میں مستقل ہوتی ہے اور پھر بتدریج بڑھتی جاتی ہے لیکن کسی موقع پر وہ گھٹنے نہیں پاتی -

ہائیڈروجن کے لیے بوائل ٹمپریچر بہت کم یعنی −163°C ہے - اس لیے 0°C بلکہ −50°C پر بھی ہائیڈروجن اپنے بوائل ٹمپریچر سے کافی زیادہ اونچے ٹمپریچر پر ہوتی ہے - اس وجہ سے ان تمام ٹمپریچروں مثلاً 0°C یا 20°C پر جہاں p کے بڑھانے پر نائٹروجن کے لیے pv کی قیمت پہلے گھٹتی ہے ، ہائیڈروجن کے لیے pv کی قیمت شروع ہی سے بتدریج بڑھتی جاتی ہے -

اوپر کی سطور میں ہم نے اس صورت حال کا جائزہ لیا ہے جب دباؤ p کی قیمت قریباً ایک کرہ ہوائی سے 40 یا 50 کرہ ہوائی کے درمیان رہتی ہے - اب ہم اس صورت کا ذکر کرتے ہیں جب p کی قیمت بہت زیادہ بڑھتی ہے اور 100 کرہ ہوائی یا 200 کرہ ہوائی بلکہ اس سے بھی زیادہ یعنی 1000 کرہ ہوائی تک پہنچ جاتی ہے - p کے بہت زیادہ بڑھ جانے کے باعث اس صورت میں Cp^2 قابل نظر انداز نہیں رہتی اس لیے گیسی مساوات

$$pv = RT + Bp + Cp^2$$

بن جاتی ہے -

جب p کی قیمت بہت زیادہ ہو جائے تو p^2 کی قیمت انتہائی بڑھ

جاتی ہے - اس وقت اگر ٹمپریچر کم ہو اور اس لیے B منفی ہو تو بھی Cp^2 کی مثبت قیمت Bp کی منفی قیمت سے زیادہ ہوتی ہے - اس لیے

$$pv = RT + Bp + Cp^2$$

میں دائیں طرف کی رقمیں مجموعی طور پر مثبت ہوتی ہیں - اس کا مطلب یہ ہے کہ جب دباؤ p کی قیمت بہت زیادہ ہو تو p کے بڑھانے پر pv کی قیمت پیہم بڑھتی جاتی ہے جیسا کہ اوپر کے تینوں گرافوں کے دائیں طرف کے حصے سے ظاہر ہے -

نیچے دباؤ پر گیسوں کا رویہ - اس وقت تک ہم نے ان صورتوں پر بحث کی ہے جب گیس پر دباؤ کافی زیادہ یعنی ایک کرہ ہوائی سے کئی کرہ ہوائی تک ہوتا ہے - اب ہم وہ صورت لیتے ہیں جس میں گیس کا دباؤ بہت کم مثلاً 0·1 یا 0·01 یا 0·001 سنٹی میٹر ہوتا ہے - اتنے کم دباؤ پر گیسی مساوات

$$pv = RT + Bp + Cp^2$$

میں p کے بے حد کم ہونے کے باعث Bp اور Cp^2 کی قیمتیں عملی طور پر معدوم ہو جاتی ہیں - اس لیے گیسی مساوات

$$pv = RT$$

رہ جاتی ہے - اس سے ثابت ہوتا ہے کہ بے حد کم دباؤ پر تمام گیسیں پورے طور پر بوائل کے قانون کی پیروی کرتی ہیں -

بوائل ٹمپریچر اور فاصل ٹمپریچر - یہ بیان کیا جا چکا ہے کہ ہر گیس کے لیے بوائل ٹمپریچر (Boyle temperature) اور فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) الگ الگ ہوتا ہے - تجربے سے ثابت ہے کہ ان دونوں میں ایک سادہ تعلق ہے - **بوائل ٹمپریچر فاصل ٹمپریچر سے قریباً 3 گنا ہوتا ہے** بشرطیکہ ان دونوں کو مطلق پیمانے (Absolute scale) میں ظاہر کیا جائے -

مثلاً نائٹروجن کا بوائل ٹمپریچر 50°C یعنی 323°A ہے اور اس کا

فاصل ٹمپریچر $-147°C$ یعنی $106°A$ ہے اور بوائل ٹمپریچر ($323°A$) فاصل ٹمپریچر ($106°A$) سے قریباً 3 گنا زیادہ ہے - ہائیڈروجن کا بوائل ٹمپریچر $-164°C$ یعنی $109°A$ اور اس کا فاصل ٹمپریچر $-240°C$ یعنی $33°A$ ہے - اور بوائل ٹمپریچر ($109°A$) فاصل ٹمپریچر ($33°A$) سے قریباً تگنا ہے -

حقیقی گیسوں کے لیے حالت کی نئی مساوات - گذشتہ صفحات کے مطالعے سے معلوم ہوگیا ہوگا کہ گیسی مساوات

$$pv = RT$$

صرف ایک مثالی کامل گیس پر صادق آتی ہے لیکن حقیقی گیسوں کی صورت میں یہ آن پر کامل طور پر پوری نہیں آترتی - اس کی دو بڑی وجوہ ہیں : اول یہ ہے کہ حقیقی گیس کے مالیکیولوں کے درمیان ایک گونہ کشش پائی جاتی ہے جس کو **مالیکیولی کشش** (Molecular attraction) کہتے ہیں - کامل گیس کی مساوات اخذ کرنے میں اس کشش کا کچھ خیال نہیں رکھا جاتا لیکن حقیقی گیس میں اس کو حساب میں لانا ضروری ہے - دوسری بات یہ ہے کہ حقیقی گیس میں ہر مالیکیول کا ایک واضح سائز ہوتا ہے (خواہ یہ سائز کتنا ہی چھوٹا ہو) لیکن مثالی کامل گیس کی مساوات مرتب کرتے وقت یہ فرض کر لیا جاتا ہے کہ اس کے مالیکیول محض نقطوں کی مانند ہوتے ہیں جن کا کوئی سائز نہیں ہوتا - 1879ء میں جرمنی کے ایک سائنس دان **وان ڈر والز** (Van der Waals) نے ان دونوں امور کا خیال رکھ کر حقیقی گیسوں کے لیے ایک ترمیم شدہ مساوات وضع کی جو مثالی گیس کی مساوات

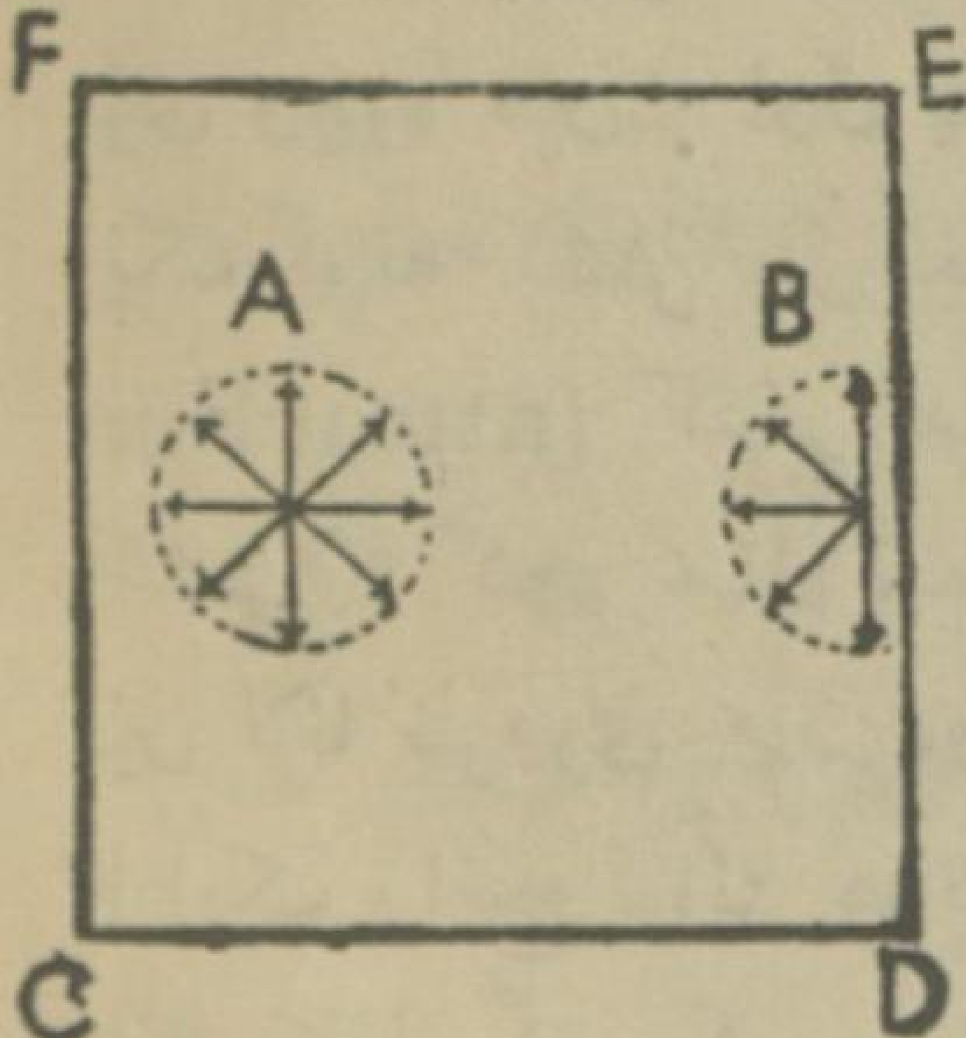
$$pv = RT$$

کے مقابلے میں زیادہ صحت کے ساتھ حقیقی گیسوں پر صادق آتی ہے - اس مساوات کے مرتب کنندہ کا نام جرمنی کے تلفظ کے مطابق فانڈر والز ہے - کیونکہ جرمن زبان میں V کا تلفظ ف کا ہوتا ہے اور اس وجہ سے اس کی مرتبہ کردہ مساوات **فان ڈر والز مساوات** کہلائی جانی چاہئے ، مگر چونکہ انگریزی میں V کا تلفظ 'واؤ' کا ہے اور ہمارے طلبہ اور

اساتذہ انگریزی تلفظ ہی کے عادی ہیں ، اس لیے وہ اس مساوات کو **وان ڈر والز مساوات** ہی کہتے ہیں -

وان ڈر والز کی اس مساوات میں مالیکیولوں کی باہمی کشش اور ان کے واضح سائز کے مطابق ذیل کی تصحیحیں کی جاتی ہیں -

مالیکیولوں کی باہمی کشش کے لیے تصحیح - جب کوئی مالیکیول گیس کے اندروں میں ہو تو اس کو دیگر مالیکیول چاروں طرف سے کھینچتے ہیں اور اس طرح ایک دوسری کی کشش کے اثر کو زائل کر دیتے ہیں - چنانچہ اگر وہ ایک خاص سمت میں ایک خاص رفتار سے جا رہا ہو تو اس کے آگے کے مالیکیولوں کی کشش اس کی رفتار میں جتنی زیادتی پیدا کرتی ہے ، اس کے پیچھے کے مالیکیولوں کی کشش اس کی رفتار میں اتنی ہی کمی پیدا کر دیتی ہے جس کے باعث مجموعی طور پر اس کی رفتار اپنی اوسط پر ہی رہتی ہے اور مالیکیولی کشش کے باعث اس کی رفتار میں کوئی تبدیلی نہیں آتی - لیکن جب یہ مالیکیول گیس کے برتن کی دیوار کے پاس آتا ہے تو اس وقت اس کو پیچھے کی طرف کشش کرنے والے مالیکیول تو موجود ہوتے ہیں ، لیکن اس کو آگے کی طرف کھینچنے والے مالیکیول نہیں ہوتے - اس وجہ سے اس مالیکیول کی رفتار میں قدرے کمی آ جاتی ہے - یہ صورت ان تمام مالیکیولوں کو پیش آتی ہے جو برتن کی دیوار کے ساتھ ٹکراتے ہیں یعنی **مالیکیولی کشش کے باعث برتن کی دیوار سے ٹکرانے والے مالیکیولوں کی رفتار گیس کے کل مالیکیولوں کی اوسط رفتار سے کچھ کم ہو جاتی ہے** - اب جس شے کو ہم گیس کا دباؤ کہتے ہیں وہ برتن کی دیوار کے اکائی رقبے پر ٹکرانے والے مالیکیولوں کی قوت سے پیدا ہوتا ہے اور یہ قوت ان ٹکراؤ کی رفتار کے مطابق ہوتی ہے - اس لیے اگر گیس کا ناپا جانے والا دباؤ p ہو تو گیس کی معیاری مساوات میں ہمیں اس میں اتنی زیادتی x کر لینی چاہیے جو مالیکیولوں کی باہمی کشش کے باعث اس کے دباؤ



میں آ جاتی ہے یعنی دوسرے لفظوں میں ہمیں گیس کی معیاری مساوات میں دباؤ کو p کی بجائے $p+x$ لینا چاہیے ۔ یہ مقدار x دو چیزوں پر مبنی ہوتی ہے ۔ (اول) برتن کی فی اکائی سطح پر ایک سیکنڈ میں ٹکرانے والے مالیکیولوں کی تعداد ۔ (دوم) ان مالیکیولوں کی تعداد جو ان ٹکرانے والے مالیکیولوں کے پیچھے رہ کر ان کو کشش کرتے ہیں ۔ اب اگر گیس کی کثافت ρ ہو ، اس کے ایک سنٹی میٹر مکعب کے اندر موجود مالیکیولوں کی تعداد n ہو اور ایک مالیکیول کی کمیت m ہو تو

$$\rho = nm$$

اگر یہ تعداد n ایک خاص نسبت سے بڑھ جائے یا گھٹ جائے تو برتن کی فی اکائی سطح پر ایک سیکنڈ میں ٹکرانے والے مالیکیولوں کی تعداد بھی اسی نسبت سے بڑھ یا گھٹ جائے گی ۔ علاوہ ازیں ان مالیکیولوں کی تعداد بھی ، جو ان ٹکرانے والے مالیکیولوں کے پیچھے رہ کر ان کو کشش کرتے ہیں ، اسی نسبت سے بڑھے گی یا گھٹے گی ، مگر مذکورہ مقدار x ان دو امور کے متناسب ہے اور یہ دونوں امور فرداً فرداً n کے متناسب ہیں اس لیے

$$x \propto n^2$$

$$\because \quad n \propto \rho$$

$$\therefore \quad x \propto \rho^2$$

پھر چونکہ کثافت حجم کے بالعکس متناسب ہوتی ہے ، اس لیے اگر گیس کا حجم V ہو تو

$$\rho \propto \frac{1}{V}$$

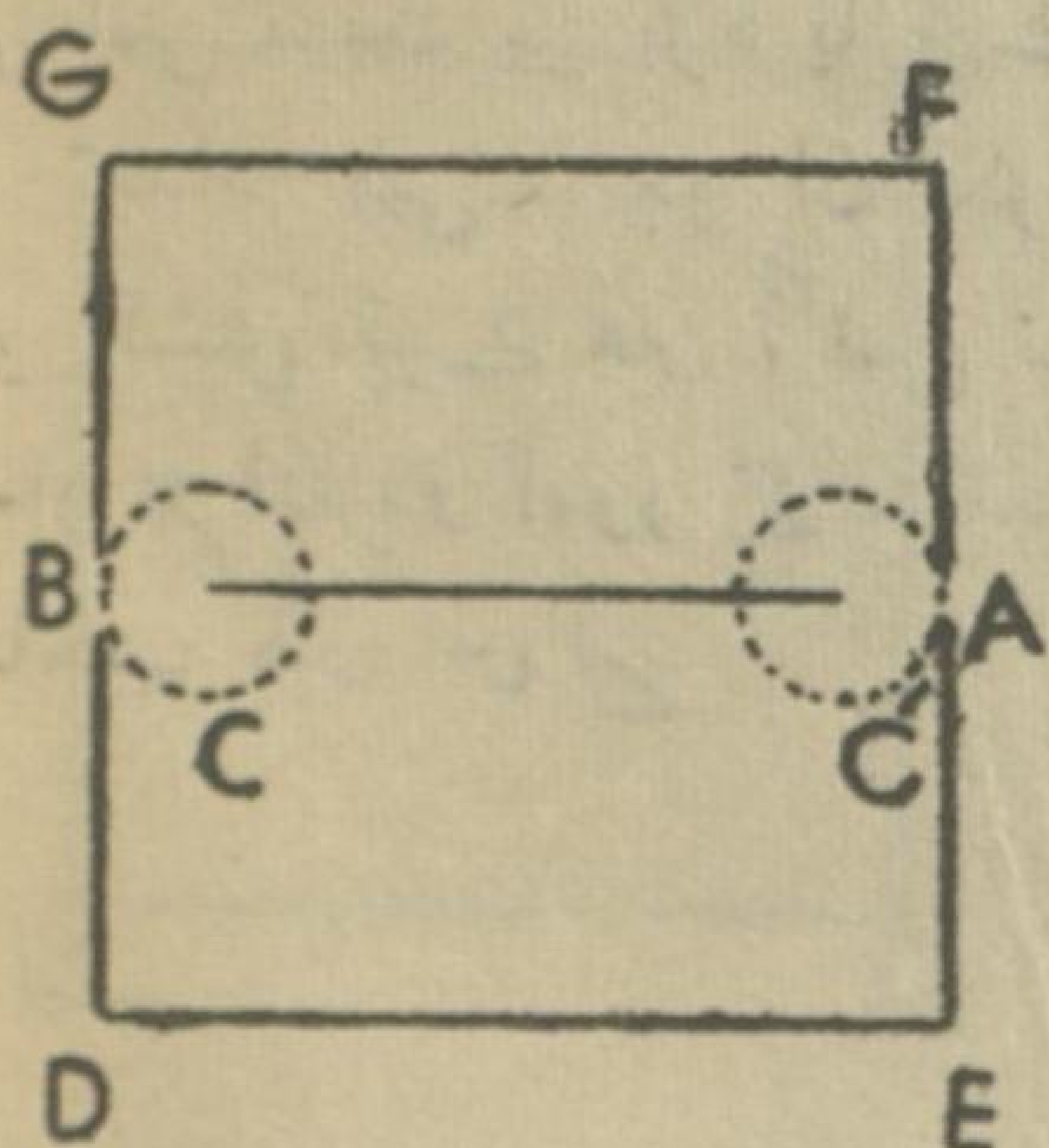
$$\therefore \quad x \propto \frac{1}{V^2}$$

$$x = \frac{a}{V^2} \quad \text{یا}$$

جب کہ a اس تناسب کا مستقل ہو چونکہ گیس کا تصحیح شدہ دباؤ اوپر

کی تشریح کے مطابق $p+x$ ہے اور x کو اب $\frac{a}{V^2}$ کے برابر ثابت کیا گیا ہے اس لیے وان ڈر والز (Van der Waals) کی ترمیم کی رو سے گیس کا دباؤ ، جسے گیس کی مساوات میں شامل ہو جانا چاہیے ، $\left(p+\frac{a}{V^2}\right)$ ہو گا -

مالیکیولوں کے واضح سائز کے لیے تصحیح - اب ہم اس تصحیح کو بیان کرتے ہیں جو ایک حقیقی گیس کے مالیکیولوں کے سائز کے باعث اس گیس کے حجم میں کرنی پڑتی ہے - فرض کیجیے کہ گیس ایک مکعب برتن DEFG میں محصور ہے جس کے ہر ضلعے کا طول l ہے اور اس کے اندر ایک مالیکیول A سے B کی طرف ضلع ED کے متوازی جا رہا ہے - اگر گیس کے ہر مالیکیول کا قطر d ہو تو ، جیسا کہ شکل سے ظاہر ہے یہ مالیکیول اپنے اس راستے میں جتنے فاصلے تک جا سکے گا ، وہ AB یعنی l نہیں ہوگا بلکہ CC' ہوگا جو $l-d$ کے برابر ہے - اس سے ظاہر ہے کہ گیس کے مالیکیول گیس کے برتن کے اندر جس جگہ میں گھوم سکتے ہیں وہ عین اس برتن کے حجم کے برابر نہیں ہوتی بلکہ حجم سے کچھ کم ہوتی ہے - علاوہ ازیں چونکہ گیس کے مالیکیول بذات خود غیر داب پذیر (Incompressible) ہوتے ہیں - اس لیے جب گیس پر دباؤ بڑھایا جاتا ہے تو اس کا جو حجم کم ہوتا ہے ، وہ گیس کا پورا حجم نہیں ہوتا بلکہ صرف اتنی جگہ کا حجم ہوتا ہے ، جو مالیکیولوں سے خالی ہوتی ہے - ان دونوں آمور کا نتیجہ یہ ہے کہ اگر گیس کا پیمائش کردہ حجم V ہو جو اس کے برتن کے اندرون کا حجم ہوتا ہے تو اس کا موثر حجم (Effective volume) جس کے اندر اس کے مالیکیول گھومتے پھرتے ہیں ، اس سے کم ہوتا ہے - اگر اس کمی کو b کے برابر ظاہر کیا جائے تو گیس کا موثر حجم ، جسے گیسی مساوات میں شامل کیا جانا چاہیے ، $V-b$ بن جاتا ہے -



وان ڈر والز کی مساوات - جب گیس کے دباؤ اور حجم کے بارے میں مذکورہ بالا ترمیمیں کر لی جائیں تو چونکہ اس کا دباؤ مالیکیولوں کی باہمی کشش کے باعث p کی بجائے $p+\frac{a}{V^2}$ ہو جاتا ہے اور اس کا موثر حجم مالیکیولوں کے واضح سائز کے باعث V کی بجائے $V-b$ رہ جاتا ہے ، اس لیے ایک حقیقی گیس کے لیے گیسی مساوات ذیل کی شکل اختیار کر لیتی ہے :

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$$

اسے **وان ڈر والز کی مساوات** (Van der Waals equation) کہتے ہیں -

نوٹ - اس مساوات میں a اور b کو مستقل کہا گیا ہے - یہ مستقل ضرور ہیں لیکن R کی طرح ہمہ گیر (Universal) مستقل نہیں ہیں کیونکہ یہ نہ صرف مختلف گیسوں کے لیے مختلف ہوتے ہیں بلکہ ایک گیس کے لیے بھی ان کی قیمت مختلف ٹمپریچروں پر مختلف ہوتی ہے ، چنانچہ اونچے ٹمپریچروں پر a کی قیمت نسبتاً زیادہ ہوتی ہے -

وان ڈر والز کی مساوات کا گراف - وان ڈر والز کی مساوات کے مطابق

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$$

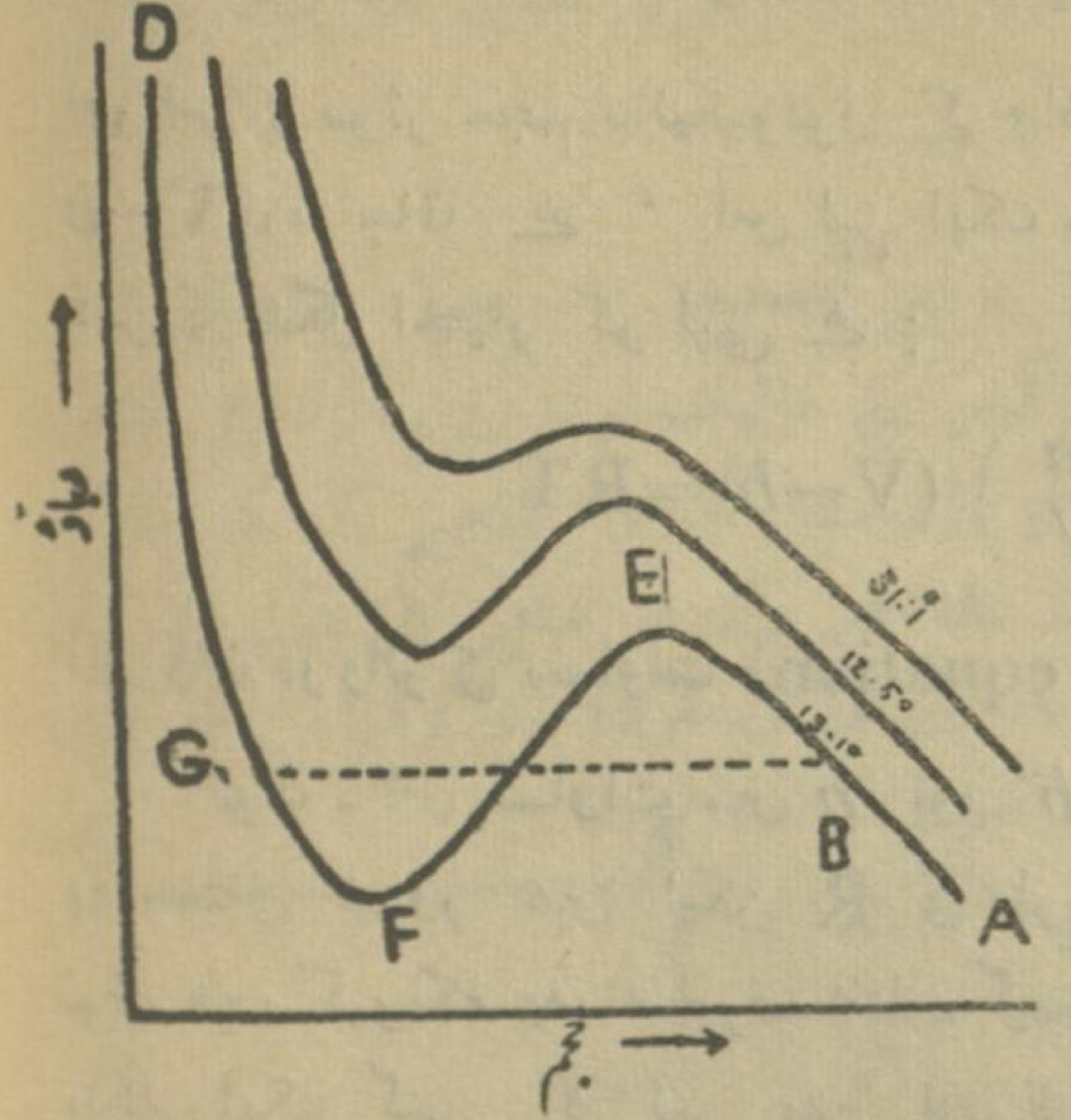
یا

$$P+\frac{a}{V^2}=\frac{RT}{V-b}$$

$$\therefore \quad P=\frac{RT}{V-b}-\frac{a}{V^2}$$

اس مساوات میں اگر ایک خاص گیس کے لیے a ، b ، T اور R کی قیمتیں لگا دی جائیں - پھر دباؤ P کی مختلف قیمتوں کے مقابلے میں V کی قیمتیں نکالی جائیں اور آخر میں P اور V کی ان قیمتوں کی مدد سے P اور V کا ایک گراف کھینچا جائے ، جس میں V کو X محور کے ساتھ

اور P کو Y محور کے ساتھ ظاہر کیا جائے تو یہ **وان ڈر والز مساوات کا گراف** ہوگا۔ نیچے کے گراف میں کاربن ڈائی اوکسائڈ گیس کے لیے 13·1°C، 21·5°C اور 31·1°C پر P اور V کے ایسے کج خط (Curves) کھینچے گئے ہیں جو وان ڈر والز مساوات کے مطابق ہیں۔ جب ان کج خطوں (Curves) کا مقابلہ (Andrews) کے کج خطوں سے کیا جاتا ہے جو تجربے پر مبنی ہیں، تو معلوم ہوتا ہے کہ یہ دونوں کج خط ایک جیسے نہیں ہیں۔ اینڈریوز کے کج خط میں BC حصہ ایک خط مستقیم ہے جو X محور کے متوازی ہے اور یہ ظاہر کرتا ہے



کہ اس حالت میں حجم کے گھٹنے کے ساتھ ساتھ دباؤ بڑھنے نہیں پاتا بلکہ حجم کے کم ہونے پر گیس کا کچھ حصہ مائع کی صورت میں منتقل ہو جاتا ہے۔ لیکن وان ڈر والز مساوات کے گراف میں BG حصہ ایک خط مستقیم نہیں ہے بلکہ وہ BEFG کی صورت میں ایک لہریے دار خط ہے۔ یہاں وان ڈر والز مساوات تجرباتی نتائج کا ساتھ نہیں دیتی۔ البتہ ایک خاص توجیہ کر کے ہم اس مساوات کے کج خط کو تجربے کے مطابق بھی کر سکتے ہیں۔ یہ توجیہ پہلے پہل برطانوی سائنس دان **پروفیسر تھامسن** (Thomson) نے، جو بعد میں **لارڈ کیلون** (Lord Kelvin) کے نام سے موسوم ہوا، پیش کی تھی۔ اس کے مطابق وان ڈر والز مساوات کے کج خط (Curve) میں BE حصہ گیس یا بخارات کی بالا سرد شدہ (Super-cooled) حالت کو ظاہر کرتا ہے۔ جب یہ بخارات اس دباؤ پر کے نقطۂ جوش سے نیچے سرد ہونے کے باوجود گیسی حالت میں رہتے ہیں اور اس وجہ سے حجم کے گھٹنے پر ان کا دباؤ بڑھ جاتا ہے جو BE حصے کے مائل بہ بلند ہونے سے ظاہر ہے۔ دوسری جانب

اسی کج خط (Curve) میں GF حصہ مائع کاربن ڈائی او کسائڈ کی بالا گرم شدہ (Super-heated) حالت کو ظاہر کرتا ہے ، جب کہ یہ مائع اس دباؤ پر کے نقطۂ جوش سے اوپر گرم ہونے کے باوجود مائع حالت میں رہتا ہے - یہ دونوں حالتیں اگرچہ غیر قیام پذیر (Unstable) ہیں لیکن ان کے وجود سے انکار نہیں کیا جا سکتا اور اس طرح وان ڈر والز کی مساوات کج خط کو تجرباتی نتائج کے ساتھ ہم آہنگ کرنے کی ایک کوشش کی جا سکتی ہے - لیکن اس کج خط میں EF حصہ ایسا ہے جس کی کوئی توجیہ نہیں کی جا سکتی - یہ حصہ ظاہر کرتا ہے کہ یہاں حجم کے گھٹنے پر دباؤ بھی گھٹتا جاتا ہے جو قطعی طور پر ایک ناممکن بات ہے -

اوپر کی بحث کا ماحصل یہ ہے کہ **جب کوئی گیس اپنے فاصل ٹمپریچر سے نیچے ہو اور اس میں مائع بننے کا عمل شروع ہو رہا ہو تو پھر وان ڈر والز مساوات کا اس پر اطلاق نہیں ہو سکتا** - حقیقت یہ ہے کہ یہ ایک گیسی مساوات ہے اور ایسی حالت میں جب کوئی گیس اپنے فاصل ٹمریچر سے اوپر ہو ، یہ مساوات کافی بڑے دباؤ تک p اور v کے تعلق کو ظاہر کرتی ہے -

وان ڈر والز مساوات کے مقابلے میں دیگر مساواتیں - جب ایک حقیقی گیس پر بہت زیادہ دباؤ ڈالا جائے تو اس کا نیا حجم وان ڈر والز مساوات سے اخذ کردہ حجم سے قدرے مختلف ہو جاتا ہے - اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ بہت زیادہ دباؤ کی صورت میں یہ مساوات ایک حقیقی گیس پر پوری پوری صادق نہیں آتی - اس خامی کو دور کرنے کے لیے بعد کے سائنس دانوں نے بہت سی دیگر مساواتیں وضع کیں - چنانچہ 1901ء میں ایک سائنس دان **دیتری سی** (Dieterici) نے ذیل کی مساوات پیش کی

$$P(V-b)=RT\,e^{\frac{-a}{RTV}}$$

اسی طرح ایک اور سائنس دان **برتھیلو** (Berthelot) نے ذیل کی مساوات وضع کی

$$\left(P+\frac{a}{V^2T}\right)(V-b)=RT$$

یہ اور اس قسم کی دیگر مساواتیں تجرباتی نتائج کو اگرچہ وان ڈر والز مساوات سے کسی قدر زیادہ صحت سے ظاہر کرتی ہیں لیکن ان کو وان ڈر والز مساوات پر کوئی ترجیح حاصل نہیں ہے۔ کیونکہ اگر وان ڈر والزمساوات بہت زیادہ دباؤ پر تجرباتی نتائج کا ساتھ نہیں دیتی تو یہ عیب ان مساواتوں میں بھی ہے۔ لیکن اس کے برعکس وان ڈر والز مساوات میں یہ خوبی ہے کہ وہ ان مساواتوں سے زیادہ سادہ ہے۔ نیز وہ نہایت واضح نظریاتی بنیادوں پر مبنی ہے جب کہ ان دیگر مساواتوں کی اساس مصنوعی اور قیاسی ہے۔ ان تمام وجوہ سے وان ڈر والز مساوات کی اولیت بدستور قائم ہے اور قائم رہے گی۔

وان ڈر والز مساوات سے فاصل مستقلوں کی قیمتیں نکالنا۔ اس سے پہلے فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) ، فاصل دباؤ (Critical pressure) اور فاصل حجم (Critical volume) کی تعریفیں کی جا چکی ہیں۔ یہ تینوں گیس کے **فاصل مستقل** (Critical constants) کہلاتے ہیں اور ان کی قیمتیں وان ڈر والز مساوات (Van der Waals equation) سے ذیل کے طریقے سے نکالی جا سکتی ہیں۔
وان ڈر والز مساوات کے مطابق

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$$

یا

$$PV-Pb+\frac{a}{V}-\frac{ab}{V^2}-RT=0$$

اسے V^2 سے ضرب دینے سے

$$PV^3-PbV^2+aV-ab-RTV^2=0$$

اسے P پر تقسیم کرنے سے

$$V^3-bV^2+\frac{a}{P}V-\frac{ab}{P}-\frac{RT}{P}V^2=0$$

$$\therefore \quad V^3-\left(b+\frac{RT}{P}\right)V^2+\frac{a}{P}V-\frac{ab}{P}=0$$

یہ ایک کعبی مساوات (Cubic equation) ہے جس کے تین حل نکالے جا سکتے ہیں اور فاصل نقطے (Critical point) پر یہ تینوں حل برابر ہو جاتے ہیں کیونکہ فاصل نقطے پر V کی ایک ہی قیمت ہوتی ہے جو فاصل حجم (Critical volume) v کو ظاہر کرتی ہے ۔ اس لیے

$$(V-v)^3=0$$

یا $$v^3-3vV^2+3v^2V-v^3=0 \;............(ii)$$

اگر گیس کا فاصل ٹمپریچر t ہو اور اس کا فاصل دباؤ p ہو تب حاصل نقطے پر مساوات (i) میں P کی قیمت p اور T کی قیمت t ہو جاتی ہے اور یہ مساوات ذیل کی صورت اختیار کر لیتی ہے

$$V^2-\left(b+\frac{Rt}{p}\right)V^2+\frac{a}{p}V-\frac{ab}{p}=0$$

مگر جیسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ہے اسی فاصل نقطے پر

$$V^3-3vV^2+3v^2V-v^3=0$$

چونکہ یہ دونوں مساواتیں ایک ہی فاصل نقطے کے متعلق ہیں ، اس لیے وہ باہم یکساں ہیں اور ان کی موافق رقموں کے سروں (Coefficients) کو برابر لیا جا سکتا ہے پس

$$3v=\frac{b+Rt}{p} \;......................(iv)$$

$$3v^2=\frac{a}{vp} \;............................(v)$$

$$v^3=\frac{ab}{p} \;..........................(vi)$$

(vi) کو (v) پر تقسیم کرنے سے

$$v^3\times\frac{1}{3v^2}=\frac{ab}{p}=\frac{p}{a}$$

$$\therefore \qquad \frac{v}{3}=b$$

$$\therefore \qquad v=3b$$

پس گیس کے فاصل حجم کی قیمت $3b$ کے برابر ہوتی ہے -

(v) سے

$$p=\frac{a}{3v^2}=\frac{a}{3\times 9b^2}$$

$$\therefore \qquad p=\frac{a}{27b^2}$$

پس گیس کے فاصل دباؤ کی قیمت $\frac{a}{27b^2}$ ہوتی ہے -

(iv) سے

$$\frac{\mathrm{R}t}{p}=v3-b$$

$$\therefore \qquad t=\frac{p(3v-b)}{\mathrm{R}}$$

اس میں p کی قیمت $\frac{a}{27b^2}$ اور v کی قیمت $3b$ شامل کرنے سے

$$t=\frac{a}{27b^2}\times\left(\frac{3\times 3b-b}{\mathrm{R}}\right)$$

$$\text{یا} \qquad t=\frac{8a}{27\mathrm{R}b}$$

پس کسی گیس کے فاصل ٹمپریچر کی قیمت $\frac{8a}{27\mathrm{R}b}$ ہوتی ہے -

فاصل مستقلوں کا نقشہ - ذیل کے نقشے میں مختلف گیسوں کے فاصل مستقلوں (Critical Constants) یعنی فاصل ٹمپریچر (t) ، فاصل (p) اور فاصل حجم (v) فی گرام مالیکیول کی قیمتیں درج ہیں - ان میں ٹمپریچر مطلق پیمانے میں ، دباؤ کرہ ہوائی میں اور حجم مکعب سنٹی میٹروں

میں دیا گیا ہے ، آخری خانے میں ان گیسوں کی کثافت بھی
گرام مکعب سنٹی میٹر میں درج کی گئی ہے ۔

گیس	t ($^\circ$K)	p (کرہ ہوائی میں)	v (مکعب سم)	کثافت گرام فی مکعب سم
ھائیڈروجن	33·3	12·8	65·9	0·031
نائٹروجن	126·2	33·5	90·1	0·311
آکسیجن	154·8	50·1	78	0·41
امونیا	405·5	111·3	72·5	0·235
کاربن ڈائی اوکسائڈ	304·2	72·9	94·0	0·468
آبی بخارات	647·4	218·3	56	0·32

فاصل معیار (Critical Coefficient) - کسی گیس کے لیے $\frac{Rt}{pv}$
کی مقدار کو اس کا **فاصل معیار** (Critical Coefficient) کہتے ہیں
جب کہ t اس گیس کا فاصل ٹمپریچر ، p اس گیس کا فاصل دباؤ اور v
اس گیس کا فاصل حجم (فی گرام مالیکیول) ہو ۔
جیسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ہے

$$t=\frac{8a}{27Rb} \quad ; \quad p=\frac{a}{27b^2} \text{ اور } v=3b$$

$$\therefore \quad \text{فاصل معیار}=\frac{Rt}{pv}$$

$$= R \times \frac{8a}{27Rb} \times \frac{27b^2}{a} \times \frac{1}{3b}$$

$$= \frac{8}{3} = 2 \cdot 7$$

چونکہ فاصل معیار کی قیمت میں a ، b وغیرہ باقی نہیں رہتے ، اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ وان ڈر والز مساوات کے مطابق ہر **گیس کا فاصل معیار (Critical coefficient) برابر ہوتا ہے** اور اس کی قیمت 2·7 نکلتی ہے - جب حقیقی گیسوں مثلاً ہائیڈروجن ، نائٹروجن ، آکسیجن اور ہیلیم (Helium) کے لیے فاصل ٹمپریچر ، فاصل دباؤ اور فاصل حجم کی تجرباتی قیمتیں لے کر (جو تجربے سے معلوم کی ہوتی ہیں) فاصل معیار (Critical coefficient) $\frac{Rt}{pv}$ کی قیمت نکالی جاتی ہے تو یہ قیمت ہائیڈروجن کے لیے 3·3 ، نائٹروجن کے لیے 3·4 ، آکسیجن کے لیے بھی 3·4 نکلتی ہے - یہ تمام قیمتیں آپس میں قریباً برابر ہیں ، جس سے وان ڈر والز مساوات سے اخذ کیے ہوئے اس نتیجے کی تصدیق ہو جاتی ہے کہ **اگرچہ مختلف گیسوں کے لیے فاصل ٹمپریچر t ، فاصل دباؤ p اور فاصل حجم v کی قیمتیں مختلف ہوتی ہیں مگر فاصل معیار (Critical coefficient) $\frac{Rt}{pv}$ کی قیمت تمام گیسوں کے لیے ایک ہی ہوتی ہے** -

البتہ وان ڈر والز مساوات کی رو سے یہ قیمت 2·7 یعنی 3 سے ذرا کم ہونی چاہیے لیکن تجربے کی رو سے یہ 3 سے ذرا زیادہ نکلتی ہے - اس کی وجہ یہ ہے کہ فاصل نقطے (Critical point) کے قریب پہنچ کر گیس کی حالت ایسی ہو جاتی ہے کہ اس پر وان ڈر والز مساوات کا اطلاق پورے طور پر نہیں ہوتا - اس بات کی مزید تصدیق اس امر سے بھی ہوتی ہے کہ وان ڈر والز مساوات کی رو سے تمام گیسوں کے لیے فاصل حجم (Critical volume) v کی قیمت $3b$ کے برابر ہوتی ہے لیکن ہائیڈروجن کے لیے وہ فی الواقع $2 \cdot 8b$ یعنی مذکورہ قیمت سے کچھ کم نکلتی ہے - یہی حال دوسری گیسوں کا ہے -

a اور b کی قیمتیں تجربے سے معلوم کرنا ۔ وان ڈر والز مساوات

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$$

سے

$$P+\frac{a}{V^2}=\frac{RT}{V-b}$$

$$\therefore \qquad P=\frac{R}{V-b}T-\frac{a}{V^2}$$

اس مساوات میں اگر V کو مستقل رکھا جائے اور P کو T کے ساتھ گھٹنے بڑھنے دیا جائے تو P پر T کے لحاظ سے تفرق عمل (Differenciate) کرنے سے

$$\frac{dP}{dT}=\frac{R}{V-b}$$

یا

$$V-b=\frac{R}{\frac{dP}{dT}}$$

یا

$$b=V-\frac{R}{\frac{dP}{dT}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

علاوہ ازیں وان ڈر والز مساوات سے

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$$

$$P+\frac{a}{V^2}=\frac{R}{V-b}T$$

مگر جیسا کہ اوپر ثابت کیا جا چکا ہے

$$\frac{R}{V-b}=\frac{dP}{dT}$$

$$\therefore \qquad P+\frac{a}{V^2}=T\frac{dP}{dT}$$

یا
$$\frac{a}{V^2}=T\frac{dP}{dT}-P$$

یا
$$a=\left(T\frac{dP}{dT}-P\right)V^2 \ldots\ldots\ldots(ii)$$

اب اگر ایک ایسا تجربہ کیا جائے جس میں گیس کا حجم تو برقرار رہے مگر اس کے ٹمپریچر T کے ساتھ اس کا دباؤ P بڑھتا گھٹتا جائے تو T اور P کا گراف بنا کر اس پر سے $\frac{dP}{dT}$ کی قیمت معلوم کی جا سکتی ہے اور پھر اوپر کی مساوات (i) سے b کی قیمت اور مساوات (ii) سے a کی قیمت نکالی جا سکتی ہے ۔

a اور b کی قیمتوں سے ایک گیس کے فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) کی قیمت نکالنا ۔ جب اوپر کے طریقے سے ایک گیس کے لیے a اور b کی قیمتیں معلوم کر لی جائیں تو ذیل کی مساوات سے اس کا فاصل ٹمپریچر نکالا جا سکتا ہے

$$t=\frac{8a}{27Rb}$$

اس میں R کی قیمت کی ضرورت پڑتی ہے جسے وان ڈر والز کی اصل مساوات کی مدد سے معلوم کیا جاتا ہے ۔

مثال کے طور پر وان ڈر والز نے کاربن ڈائی اوکسائڈ کے لیے a کی قیمت 0·00874 (کرہ ہوائی) اور b کی قیمت 0·0023 (مکعب سنٹی میٹر) معلوم کی ۔ اس کے بعد فاصل ٹمپریچر نکالنے کے لیے اس نے پہلے R کی قیمت اصل مساوات سے یوں دریافت کی ۔

اگر P کو ایک کرہ ہوائی ، V کو 1 مکعب سنٹی میٹر اور T کو 0°C یعنی 273°A لیا جائے تو وان ڈر والز مساوات

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$$

میں P ، V اور T کی یہ قیمتیں اور ان کے ساتھ a اور b کی قیمتیں لگانے سے

$$\left(1+\frac{0\cdot00874}{1^2}\right)(1-0\cdot0023)=R\times273$$

$$\therefore \quad R=\frac{1\cdot00874\times0\cdot9977}{273}$$

$$\because \quad t=\frac{8a}{27Rb}=\frac{8a}{23b}\times\frac{1}{R}$$

$$\therefore \quad \text{فاصل ٹمپریچر}=\frac{8\times0\cdot00874}{27\times0\cdot0023}\times\frac{273}{1\cdot00874\times0\cdot9977}$$

$$=305\cdot5°A=305\cdot5-273$$

$$=32\cdot5°C$$

چونکہ کاربن ڈائی او کسائڈ کا فاصل ٹمپریچر ، جو تجربے سے معلوم ہوتا ہے ، 31°C ہے ، اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ وان ڈر والز مساوات سے فاصل ٹمپریچر کی حاصل کردہ قیمت اس کی تجرباتی قیمت کے قریباً برابر ہے ۔ اس سے **وان ڈر والز مساوات کی اہمیت اور افادیت** ظاہر ہوتی ہے ۔ اس افادیت کا مزید ثبوت یہ ہے کہ جب انیسویں صدی کے آخر میں سائنس دانوں نے مستقل گیسوں مثلاً نائٹروجن ، آکسیجن اور بعد میں ہائیڈروجن کو مائع بنانے کی کوششیں کیں تو انھیں ان گیسوں کے فاصل ٹمپریچروں (Critical temperature) کا اندازہ کرنے میں وان ڈر والز مساوات سے قابل قدر مدد ملی ۔ دراصل ان گیسوں کو مائع بنانے کے لیے ان کے فاصل ٹمپریچروں کا اندازہ کرنا بہت ضروری تھا تاکہ پہلے ہر گیس کا ٹمپریچر اس کے فاصل ٹمپریچر سے نیچا کر لیا جائے اور بعد میں اس پر بھاری دباؤ ڈالا جائے ۔ اس اندازہ لگانے میں وان ڈر والز مساوات ہی آن کے کام آئی اور اس طرح اپنی افادیت کا سکہ بٹھا گئی ۔

وان ڈروالز مساوات اور ایمے گٹ کے کج خط ۔ اس سے پہلے مختلف گیسوں کے لیے ایمے گٹ کے کج خطوں (Amagat's curves) کا ذکر کیا

جا چکا ہے - یہ کج خط مختلف گیسوں مثلاً کاربن ڈائی او کسائڈ ، نائٹروجن اور ھائیڈروجن کے لیے p اور pv کے تعلق کو ظاہر کرتے ھیں - ان کے مطالعے سے معلوم ھوتا ہے کہ جب دباؤ کو ایک کرہ ھوائی سے 3000 کرہ ھوائی تک بڑھایا جائے تو کاربن ڈائی او کسائڈ اور نائٹروجن کے لیے pv کی قیمت ابتدا میں گھٹتی ہے اور ایک کم از کم قیمت تک پہنچ کر پھر بڑھنے لگتی ہے اور بعد میں بڑھتی جاتی ہے ، لیکن ھائیڈروجن کے لیے pv کی قیمت ابتدا ھی سے بڑھتی جاتی ہے -

گیسوں کی ان خصوصیات کی توجیہ وان ڈر والز مساوات سے کی جا سکتی ہے - مثلاً اس مساوات کے مطابق

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$$

یا

$$PV-Pb+\frac{a}{V}-\frac{ab}{V^2}=RT$$

اس مساوات میں ab دو نہایت قلیل رقموں کا حاصل ضرب ہے اور جب اس کو ایک بڑی رقم V^2 پر تقسیم کیا جاتا ہے تو $\frac{ab}{V^2}$ کی قیمت اتنی خفیف رہ جاتی ہے کہ اس کو نظرانداز کیا جا سکتا ہے - پس

$$PV-Pb+\frac{a}{V}=RT$$

یا

$$PV=RT+\left(Pb-\frac{a}{V}\right)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

مساوات (i) کے مطالعے سے ھم مختلف گیسوں کے لیے ایمے گٹ کے کج خطوں (Amagat curves) کے اختلاف کی توجیہ کر سکتے ھیں - جب دباؤ کو ایک کرہ ھوائی سے بتدریج بڑھایا جائے تو نائٹروجن کے لیے p اور v کی قیمتیں اس طور سے بدلتی ہے کہ $RT+Pb-\frac{a}{V}$ کی قیمت جو پہلے RT سے زیادہ ھوتی ہے ، اب آھستہ آھستہ گھٹتی جاتی ہے ، یہاں تک

کہ p کی ایک خاص قیمت قیمت کے لیے وہ RT کے عین برابر ہو جاتی ہے اور $Pb - \frac{a}{V}$ کی قیمت صفر ہو جاتی ہے ۔ یہ وہ حالت ہے جو ایمے گٹ کے کج خط (Amagat curves) کے نیچے کے حصے سے ظاہر ہوتی ہے جہاں نائٹروجن ایک کامل گیس کا کردار ادا کرتی ہے ۔ البتہ جب دباؤ کو اس کے بعد بھی بڑھنے دیا جاتا ہے تو p اور v کی قیمتیں اس طور سے بدلتی ہیں کہ $RT + pb - \frac{a}{V}$ کی قیمت RT سے پھر بڑھنا شروع ہوتی ہے اور پھر P کے بڑھنے کے ساتھ برابر زیادہ ہوتی جاتی ہے ۔ اس وجہ سے نائٹروجن کے لیے p اور pv کا کج خط پہلے آوپر سے بتدریج نیچے آتا ہے پھر نیچے سے آوپر چڑھنے لگتا ہے ۔

ھائیڈروجن کے لیے a اور b کی قیمتیں ایسی ہوتی ہیں کہ ابتدا ہی سے $RT + Pb - \frac{a}{V}$ کی قیمت P کے بڑھنے کے ساتھ بڑھتی ہے اور پھر متواتر بڑھتی جاتی ہے جس کے باعث ھائیڈروجن کے لیے p اور pv کا کج خط پہلے ہی سے نیچے سے آوپر کو چڑھتا جاتا ہے ۔

بوائل ٹمپریچر اور وان ڈر والزر مساوات ۔ بوائل ٹمپریچر (Boyle's temperature) وہ ٹمپریچر ہے جس پر ایک حقیقی گیس ایک کامل گیس کا کردار ادا کرتی ہے ۔ وان ڈر والز مساوات سے یہ ثابت کیا جا سکتا کہ اگر بوائل ٹمپریچر کو T_b سے ظاہر کیا جائے تو

$$T_b = \frac{a}{bR} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اس سے پہلے ثابت کیا جا چکا ہے کہ اگر ایک گیس کا فاصل ٹمپریچر t ہوتو

$$t = \frac{8a}{27Rb} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

(i) کو (ii) پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{T_b}{t} = \frac{a}{bR} \times \frac{27Rb}{8a} = \frac{27}{8} = 3{\cdot}4$$

$$\therefore \quad T_b = 3{\cdot}4\ t$$

اس سے ثابت ہوتا ہے ایک گیس کے لیے بوائل ٹمپریچر اس کے فاصل ٹمپریچر سے قریباً تگنا ہوتا ہے - یہ بات پہلے بیان کی جا چکی ہے اور تجربے سے اس کی تصدیق ہوتی ہے -

فاصل ٹمپریچر ، فاصل دباؤ اور فاصل حجم سے a اور b کی قیمتیں معلوم کرنا - بعض گیسیں ایسی ہیں جن کے فاصل مستقل (Critical constants) یعنی فاصل ٹمپریچر ، فاصل دباؤ اور فاصل حجم تجربے سے بہ آسانی معلوم کیے جا سکتے ہیں - اس وجہ سے ان گیسوں کے لیے a اور b کی قیمتیں ذیل کے طریقے سے معلوم کی جا سکتی ہیں -

$$\because \quad \text{فاصل حجم} = v = 3b$$

$$\text{فاصل دباؤ} = p = \frac{a}{27b^2}$$

$$\text{فاصل ٹمپریچر} = p = \frac{8a}{27Rb}$$

$$(i) \because \quad \frac{t^2}{p} = \left(\frac{8a}{27Rb}\right)^2 \times \frac{27b^2}{a} = \frac{64}{27} \times \frac{a}{R^2}$$

$$\therefore \quad a = \frac{27}{64} \times \frac{R^2 t^2}{p}$$

$$(ii) \quad \frac{t}{p} = \frac{8a}{27Rb} \times \frac{27b^2}{a} = \frac{8b}{R}$$

$$\therefore \quad b = \frac{Rt}{8p}$$

البتہ اس طریقے میں ایک خامی بھی ہے - اس طریقے کے اطلاق میں یہ فرض کر لینا پڑتا ہے کہ گیس پر اس کے فاصل نقطے (Critical point) کے نزدیک بھی وان ڈر والز مساوات صادق آتی ہے - یہ ایک ایسا مفروضہ ہے جو عین صحیح نہیں ہے ، اس لیے اس طریقے سے a اور b کی جو قیمتیں نکلتی ہیں وہ محض تخمیناً صحیح ہوتی ہیں -

مختلف گیسوں کے لیے a اور b کی قیمتیں - ذیل کے نقشے میں بعض مشہور گیسوں کے لیے a اور b کی قیمتیں درج ھیں - a کی قیمتیں کرہ ھوائی دباؤ میں اور b کی قیمتیں مکعب سنٹی میٹر میں ھیں -

گیس	a (کرہ ھوائی میں)	(b) (c.c. میں)
ھائیڈروجن	0·00049	0·00118
آکسیجن	0·00273	0·00143
نائٹروجن	0·00272	0·00173
کاربن ڈائی اوکسائڈ	0·00717	0·00191
امونیا	0·00833	0·00166
ھیلیم	0·00007	0·00106

نوٹ - مختلف گیسوں کے لیے a اور b کی جو قیمتیں اوپر دی گئی ھیں یہ ان گیسوں کے 1 مکعب سنٹی میٹر (1 c.c.) حجم کے لیے ھیں - لیکن اگر ھم ان گیسوں کے ایک گرام مالیکیول کو زیر غور لائیں تو پھر a کی مذکورہ بالا قیمت کو $(22{\cdot}4 \times 10^3)^2$ سے ضرب دے کر اور b کی مذکورہ بالا قیمت کو $22{\cdot}4 \times 10^3$ سے ضرب دے کر ایک مالیکیول حجم کے لیے a اور b کی قیمتیں نکالی جا سکتی ھیں -

وان ڈر والز مساوات کی خامیاں - حقیقی گیسوں کے لیے p ، v اور T کا تعلق ظاھر کرنے میں وان ڈر والز مساوات نے بہت قابل قدر مدد دی ھے اور اس وجہ سے اس مساوات کی اھمیت اور اس کی قدر و قیمت سے انکار نہیں کیا جا سکتا لیکن اس کے ساتھ ھی یہ بھی ماننا پڑتا ھے کہ اس مساوات میں چند خامیاں بھی ھیں جن کے باعث یہ مساوات تمام حالات

میں ایک گیس پر پورے طور پر صادق نہیں آتی ۔ اس وجہ سے جب اس گیس سے مختلف نتائج اخذ کیے جاتے ہیں تو ان میں مندرجہ ذیل **خامیوں** کا سراغ ملتا ہے :

۱ ۔ وان ڈر والز مساوات کے مطابق a اور b کی قیمتیں ایک گیس کے لیے مستقل رہنی چاہئیں ، لیکن حقیقت میں وہ ٹمپریچر کے ساتھ بدلتی جاتی ہیں ۔

۲ ۔ وان ڈر والز مساوات کے مطابق تمام حقیقی گیسوں کے لیے فاصل معیار (Critical constant) $\frac{Rt}{pv}$ کی قیمت ایک ہی یعنی 2·7 ہونی چاہیے ، لیکن فی الحقیقت یہ قیمت اس سے زیادہ اور مختلف گیسوں کے لیے مختلف ہوتی ہے ۔ عام طور پر اس کی قیمت 3 اور 4 کے درمیان پائی جاتی ہے ۔ البتہ ایسی ٹک ایسڈ (Acetic acid) کے بخارات کے لیے یہ 5 کے قریب ہو جاتی ہے ۔

۳ ۔ وان ڈروالز مساوات کے مطابق تمام گیسوں کے لیے فاصل حجم (Critical volume) کی قیمت $3b$ کے برابر ہونی چاہیے ، لیکن فی الحقیقت وہ اس سے کم ہوتی ہے ۔ چنانچہ ہائیڈروجن کے لیے اس کی قیمت $2·8b$ ہوتی ہے اور آرگن (Argon) کے لیے اس سے بھی گھٹ کر $1·4b$ ہو جاتی ہے ۔

حالت کی تحویل شدہ مساوات (Reduced equation of state) ۔ فرض کیجیے کہ ایک گیس کا دباؤ P ، اس کا حجم V اور اس کا ٹمپریچر (مطلق پیمانے میں) T ہے جب کہ اس گیس کا فاصل دباؤ p ، اس کا فاصل حجم v اور اس کا فاصل ٹمپریچر (مطلق پیمانے میں) t ہے ۔ تب اگر P اور p کا تناسب λ ہو ، V اور v کا تناسب μ ہو اور T اور t کا تناسب ν ہو تو

$$\frac{P}{p}=\lambda \quad , \quad \frac{V}{v}=\mu \quad , \quad \frac{T}{t}=\nu$$

$$\therefore \quad P=\lambda p \quad , \quad V=\mu v \quad , \quad T=\nu t$$

P ، V اور T کی ان قیمتوں کو وانڈر والز مساوات

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

میں شامل کرنے سے

$$\left(\lambda p + \frac{a}{\mu^2 v^2}\right)(\mu v - b) = R\nu t$$

$$p = \frac{a}{27b^2} \quad , \quad v = 3b \quad , \quad t = \frac{8a}{27Rb}$$

اس لیے ان قیمتوں کو اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$\left(\lambda \times \frac{a}{27b^2} + \frac{a}{9\mu^2 b^2}\right)(3\mu b - b) = \nu R \frac{8a}{27Rb}$$

یا

$$\left(\lambda \times \frac{a}{27b^2} + \frac{3}{\mu^2} \times \frac{a}{27b^2}\right)(3\mu - 1)b = 8\nu \times \frac{a}{27b}$$

یا

$$\frac{a}{27b^2}\left(\lambda + \frac{3}{\mu^2}\right)(3\mu - 1) = 8\nu \times \frac{a}{27b^2}$$

یا

$$\left(\lambda + \frac{3}{\mu^2}\right)(3\mu - 1) = 8\nu$$

یہ ایک ایسی مساوات ہے جس میں سے مستقل a ، b اور R ، جو مختلف گیسوں کے لیے مختلف ہوتے ہیں ، حذف ہو گئے ہیں اس لیے یہ مساوات ہر قسم کی گیسوں پر صادق آتی ہے ۔ اس کو **حالت کی تحویل شدہ مساوات** (Reduced equation of state) کہتے ہیں ۔

متناظرہ حالت (Corresponding state)۔ دو مختلف گیسوں کے لیے فاصل دباؤ، فاصل حجم اور فاصل ٹمپریچر کی قیمتیں مختلف ہوتی ہیں۔ چنانچہ اگر دو گیسوں میں سے پہلی گیس کا فاصل دباؤ p_1 ، فاصل حجم v_1 اور فاصل ٹمپریچر t_1 ہو اور دوسری گیس کا فاصل دباؤ p_2 ، فاصل حجم v_2 اور فاصل ٹمپریچر t_2 ہو اور ہم دونو گیسوں کو ایسی مقدار میں لیں کہ

پہلی گیس کا دباؤ P_1 ، اس کے فاصل دباؤ p_1 کا λ گنا ہو ، پہلی گیس کا حجم V_1 ، اس کے فاصل حجم v_1 کا μ گنا ہو اور پہلی گیس کا ٹمپریچر T_1 ، اس کے فاصل ٹمپریچر t_1 کا ν گنا ہو - اسی طرح دوسری گیس کا دباؤ P_2 ، اس کے فاصل دباؤ p_2 کا λ گنا ہو ، دوسری گیس کا حجم V_2 ، اس کے فاصل حجم v_2 کا μ گنا ہو اور دوسری گیس کا ٹمپریچر T_2 ، اس کے فاصل ٹمپریچر t_2 کا ν گنا ہو تو کہا جاتا ہے کہ یہ دونوں گیسیں **متناظرہ حالت** (Corresponding state) میں ہیں -

آوپر کی تشریح سے ظاہر ہے کہ جب دو گیسیں متناظرہ حالت (Corresponding state) میں ہوں تو ان پر تحویل شدہ مساوات (Reduced equation)

$$\left(\lambda + \frac{3}{\mu^2}\right)(3\mu - 1) = 8\nu$$

صادق آتی ہے - اس لیے اس مساوات کو **متناظرہ حالت کی مساوات** (Equation of Corresponding state) بھی کہتے ہیں -

متناظرہ حالت کا قانون (Law of corresponding state) -
متناظرہ حالت کی مساوات

$$\left(\lambda + \frac{3}{\mu^2}\right)(3\mu - 1) = 8\nu$$

سے ظاہر ہے کہ λ ، μ اور ν آپس میں ایک واضح رشتے میں بندھے ہیں - اس لیے اگر دو گیسیں ایسی ہوں کہ اُن کے لیے دو مقداروں (مثلاً λ اور μ) کی قیمتیں برابر ہوں تو اُن کے لیے تیسری مقدار ν کی قیمتیں بھی برابر ہوں گی - چونکہ λ کو ، جو اصل دباؤ P اور فاصل دباؤ p کے تناسب کے برابر ہے ، تحویل شدہ دباؤ (Reduced pressure) کہتے ہیں ، μ کو ، جو اصل حجم V اور فاصل حجم v کے تناسب کے برابر ہے ، تحویل شدہ حجم (Reduced volume) کہتے ہیں اور ν کو ، جو اصل ٹمپریچر اور فاصل ٹمپریچر کے تناسب کے برابر ہے ،

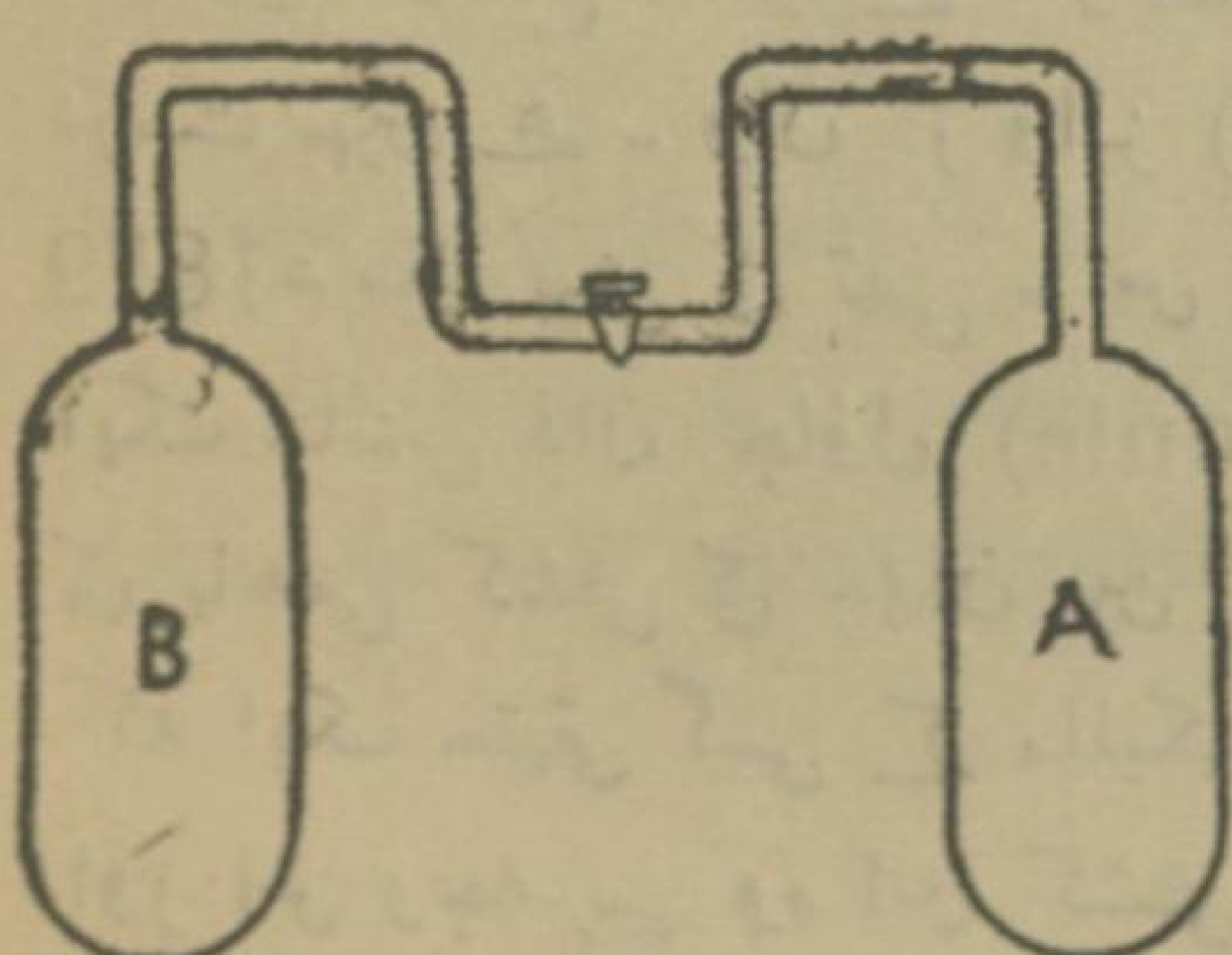
تحویل شدہ ٹمپریچر (Reduced temperature) کا نام دیتے ہیں اور چونکہ دو گیسوں کے لیے λ ، μ اور ν میں سے جب کوئی سی دو مقداریں برابر ہوں تو تیسری مقدار بھی برابر ہوتی ہے۔ اس سے ہمیں مندرجہ ذیل قانون حاصل ہوتا ہے :

جب دو گیسوں کے تحویل شدہ دباؤ برابر ہوں ، اُن کے تحویل شدہ حجم برابر ہوں تو اُن کا تحویل شدہ ٹمپریچر بھی ایک ہی ہوتا ہے۔ یہ گیسوں کے لیے **متناظرہ حالتوں کا قانون** (Law of corresponding states) کہلاتا ہے۔

مالیکیولوں کے درمیان باہمی کشش کی چھان بین۔ وان ڈر والز مساوات کی بنا دو امور پر ہے۔ اول یہ کہ حقیقی گیسوں کے مالیکیولوں میں باہمی کشش پائی جاتی ہے اور دوم یہ کہ ان کے مالیکیول واضح سائز کے ہوتے ہیں جنھیں موہوم نقطے سمجھ لینا درست نہیں ہے۔ وان ڈر والز (Van der Waals) نے اپنی مساوات 1879ء میں پیش کی تھی۔ اس سے قریباً چالیس سال پہلے انگلستان کے ایک سائنس دان **جاؤل** (Joule) کو سب سے اول گیس کے مالیکیولوں کی باہمی کشش کی چھان بین کرنے کا خیال پیدا ہوا۔ اُسے یقین تھا کہ ایک حقیقی گیس کے مالیکیولوں کے مابین یہ کشش موجود ہوتی ہے اور اس وجہ سے وہ اس کشش کا تجرباتی ثبوت بہم پہنچانا چاہتا تھا۔ چنانچہ اس مقصد کے لیے 1845ء میں اس نے اپنا پہلا تجربہ کیا۔

گیس کے مالیکیولوں کی باہمی کشش کو ثابت کرنے کے لیے جاؤل کا پہلا تجربہ ۔ جاؤل کے اس ابتدائی تجربے کا اصول یہ تھا کہ اگر ایک گیس کو پہلے ایک بند برتن میں زبردست دباؤ کے ماتحت محصور کیا جائے۔ پھر اس گیس کو ایک اور برتن کے اندر جس میں پہلے سے خلا بنایا گیا ہو ، پھیلنے دیا جائے اور ساتھ ہی یہ التزام بھی کیا جائے کہ گیس میں سے حرارت نہ تو باہر نکلنے پائے اور نہ باہر سے حرارت اس میں داخل ہو سکے تو چونکہ دوسرے برتن میں ایک خلا ہے ، جہاں دباؤ کی کوئی قوت گیس کی مزاحمت کرنے کے لیے موجود نہیں ہے ، اس لیے جب گیس

اس دوسرے برتن میں پھیلے گی تو اسے اس پھیلاؤ کے دوران میں کوئی بیرونی کام (External work) نہیں کرنا پڑے گا جس کی وجہ سے گیس کا ٹمپریچر جو پھیلنے سے پہلے تھا وہی پھیلنے کے بعد رہے گا ۔ البتہ اگر گیس کے مالیکیولوں کے درمیان باہمی کشش موجود ہوئی تو پھر گیس کو ایک خلا کے اندر پھیلنے کے لیے اس کشش کے خلاف کام کرنا پڑے گا اور اس کام کی وجہ سے اس کے اندر کی توانائی (کام کی مقدار کے برابر) گھٹ جائے گی جس سے اس کا ٹمپریچر کسی قدر کم ہو جائے گا ۔ اس وجہ سے اگر گیس کا ٹمپریچر پھیلنے سے پہلے T_1 تھا تو پھیلنے کے بعد وہ T_2 ہو جائے گا اور یہ دوسرا ٹمپریچر T_2 پہلے ٹمپریچر T_1 سے نیچا ہو گا ۔ جاؤل نے اپنے تجربے کی بنا اسی اصول پر رکھی ۔ اس نے تانبے کے دو سلنڈر A اور B لیے ، جو نالی کے ذریعے باہم ملے ہوئے تھے ۔ اس نالی کے وسط میں ایک سٹاپ کاک لگا ہوا تھا ۔



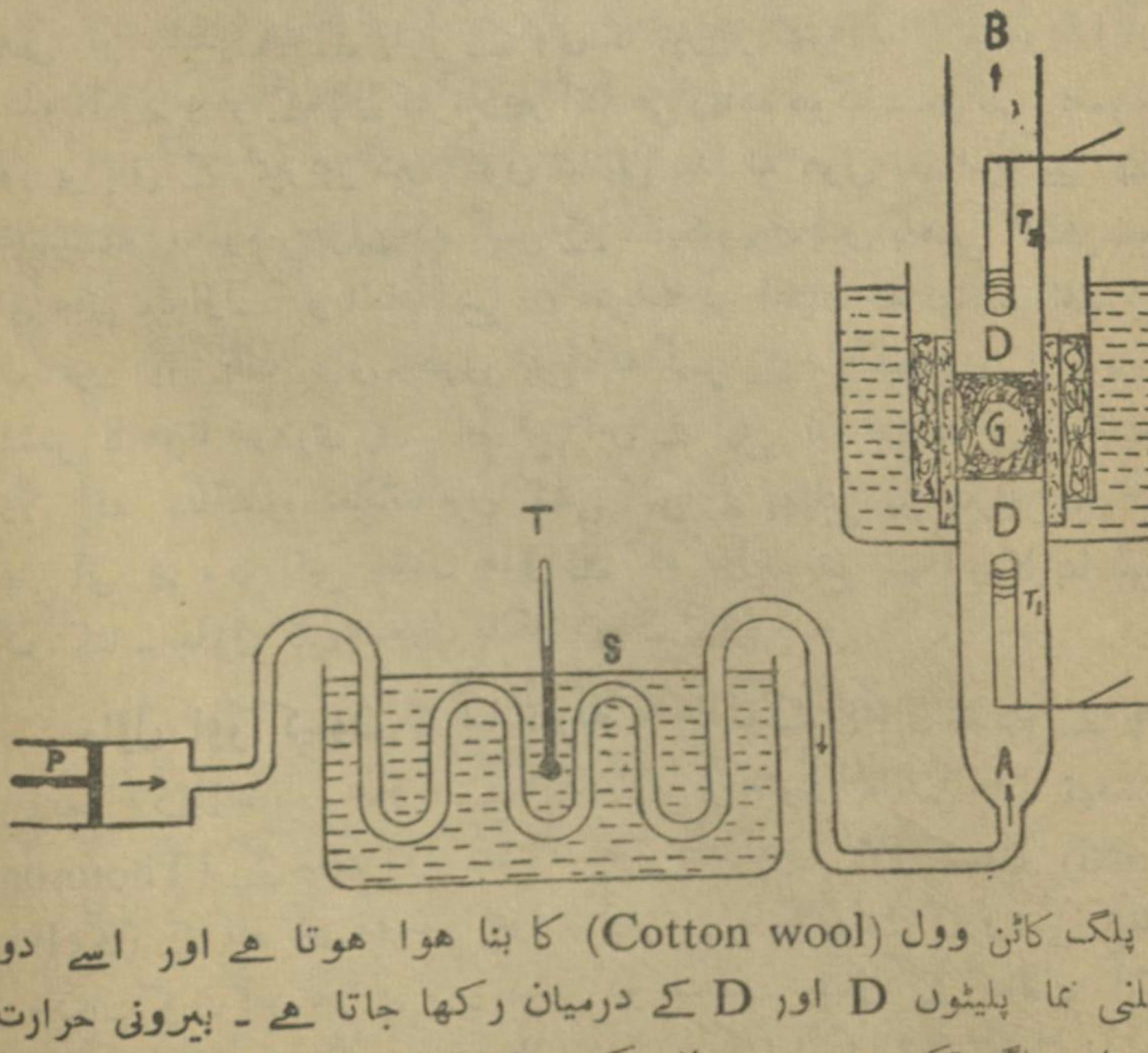
اس سٹاپ کاک کو کھولنے سے دونوں سلنڈروں کے مابین راستہ کھل جاتا تھا اور اسے بند کر دینے سے دونوں سلنڈر ایک دوسرے سے منقطع ہو جاتے تھے ۔ جاؤل نے سٹاپ کو بند کر دینے کے بعد سلنڈر A میں زیر تجربہ گیس بھاری دباؤ کے ماتحت بھری اور سلنڈر B کے اندر سے ہوا کو خارج کر کے اس میں خلا پیدا کر دیا ۔ پھر اس نے دونوں سلنڈروں کو پانی کے برتن میں ڈبو کر رکھا جس کے اندر ٹمپریچر لینے کو ایک تھرمامیٹر رکھا ہوا تھا ۔ پانی کا یہ برتن ٹھیک اتنا ہی بڑا تھا کہ اس میں دونوں سلنڈر آ سکتے تھے ، زیادہ بڑا نہ تھا ۔ یہ احتیاط اس غرض سے کی گئی تھی کہ اس میں پانی کی مقدار ضرورت سے زیادہ نہ ہو ۔ پانی کے ٹمپریچر کو ناپنے کے لیے جس تھرمامیٹر سے کام لیا گیا تھا وہ بہت حساس (Sensitive) تھا اور ٹمپریچر کو 0·05°F تک (یعنی قریباً 0·03°C تک) ناپ سکتا تھا ۔ تجربہ کرنے سے پہلے پانی کا ٹمپریچر تھرمامیٹر پر سے

لیا گیا اور پھر سٹاپ کاک کو کھول دیا گیا ۔ اس پر گیس جو سلنڈر A کے اندر بھاری دباؤ کے ماتحت محصور تھی ، نلی میں سے دوسرے سلنڈر B میں پھیل گئی ، مگر بیرونی پانی کا ٹمپریچر وہی رہا ۔ اس میں خفیف سی کمی بھی دکھائی نہ دی ۔ اس تجربے سے بظاہر یہی معلوم ہوا کہ گیس کے مالیکیولوں کے درمیان کشش نہیں پائی جاتی ۔ جاؤل نے اپنے تجربے میں ترمیم کر کے اسے دھرایا ۔ اس نے سلنڈر A اور سلنڈر B کو پانی کے دو علیحدہ علیحدہ برتنوں میں رکھا جن کا ٹمپریچر ابتدا میں ایک ہی تھا اور جن کے اندر پانی کی مقدار بھی برابر تھی ۔ سلنڈر A میں گیس بھاری دباؤ کے ماتحت بھر دی گئی اور سلنڈر B کے اندر خلا بنا دیا گیا ۔ جب درمیانی سٹاپ کاک کو کھولنے پر گیس سلنڈر A میں سے سلنڈر B میں پھیلی تو سلنڈر A کے باہر کے پانی کا ٹمپریچر تھوڑا سا کم ہو گیا اور سلنڈر B کے باہر کے پانی کا ٹمپریچر اتنا ہی زیادہ ہوگیا ۔ اس طرح مجموعی طور پر پانی کے ٹمپریچر میں کوئی تبدیلی پیدا نہ ہوئی ۔ اس سے بھی بظاہر یہ معلوم ہوا کہ گیس کے مالیکیولوں میں باھمی کشش نہیں پائی جاتی ۔ جاؤل کو البتہ اپنے ان تجربات پر اعتماد نہ تھا ۔ اس کے دل میں یہ بات سمائی ہوئی تھی کہ گیس کے مالیکیولوں کے درمیان کشش کا ہونا ضروری ہے ۔ اس لیے اس نے اپنے ان تجربات سے یہ نتیجہ نکالا کہ مذکورہ حالات میں کسی گیس کے پھیلنے سے ٹمپریچر میں جو کمی آتی ہے ، وہ اتنی خفیف ہوتی ہے کہ اس طریقے سے اس کا پتا نہیں لگ سکتا ۔ جاؤل کا یہ خیال بالکل درست تھا ۔

جاؤل اور کیلون کا نیا تجربہ ۔ جاؤل کے ابتدائی تجربے کے چند سال بعد 1852ء میں جاؤل نے ایک اور برطانوی سائنس دان تھامسن (Thomson) کے ساتھ مل کر ، جو بعد میں **لارڈ کیلون** (Lord Kelvin) کے نام سے موسوم ہوا ، گیس کے مالیکیولوں کی باھمی کشش کی تحقیقات کی ۔ اس تجربے میں گیس کو مناسب دباؤ کے ماتحت ایک مسام دار پلگ (Porous plug) میں سے گزارا گیا تھا ، اس لیے یہ **مسام دار پلگ کا تجربہ** (Porous plug experiment) کہلاتا ہے اور اس تجربے کے حاصل کردہ نتائج **جاؤل کیلون اثر** (Joule Kelvin

(effect کے طور پر مشہور ھیں ۔ طبیعیات میں یہ تجربہ تاریخی اھمیت کا حامل ھے ۔

مسام دار پلگ کا تجربہ (Porous plug experiment) ۔ اس تجربہ میں زیر تجربہ گیس کو ایک پمپ P کے ذریعے ایک لہریے دار نلی S کے اندر گزارا جاتا ھے ، جو ٹھنڈے پانی کے ہاتھ میں ڈوبی ھوئی ھوتی ھے ۔ اس پانی کا ٹمپریچر ایک خاص قیمت پر برقرار رکھا جاتا ھے اور گیس نلی میں سے گزرتے ھوئے یہ ٹمپریچر اختیار کر لیتی ھے ۔ اس کے بعد یہ گیس ایک چوڑی نلی AB کے اندر داخل ھوتی ھے ۔ جس کے درمیان میں مسام دار پلگ (Porous plug) G موجود ھوتا ھے ۔

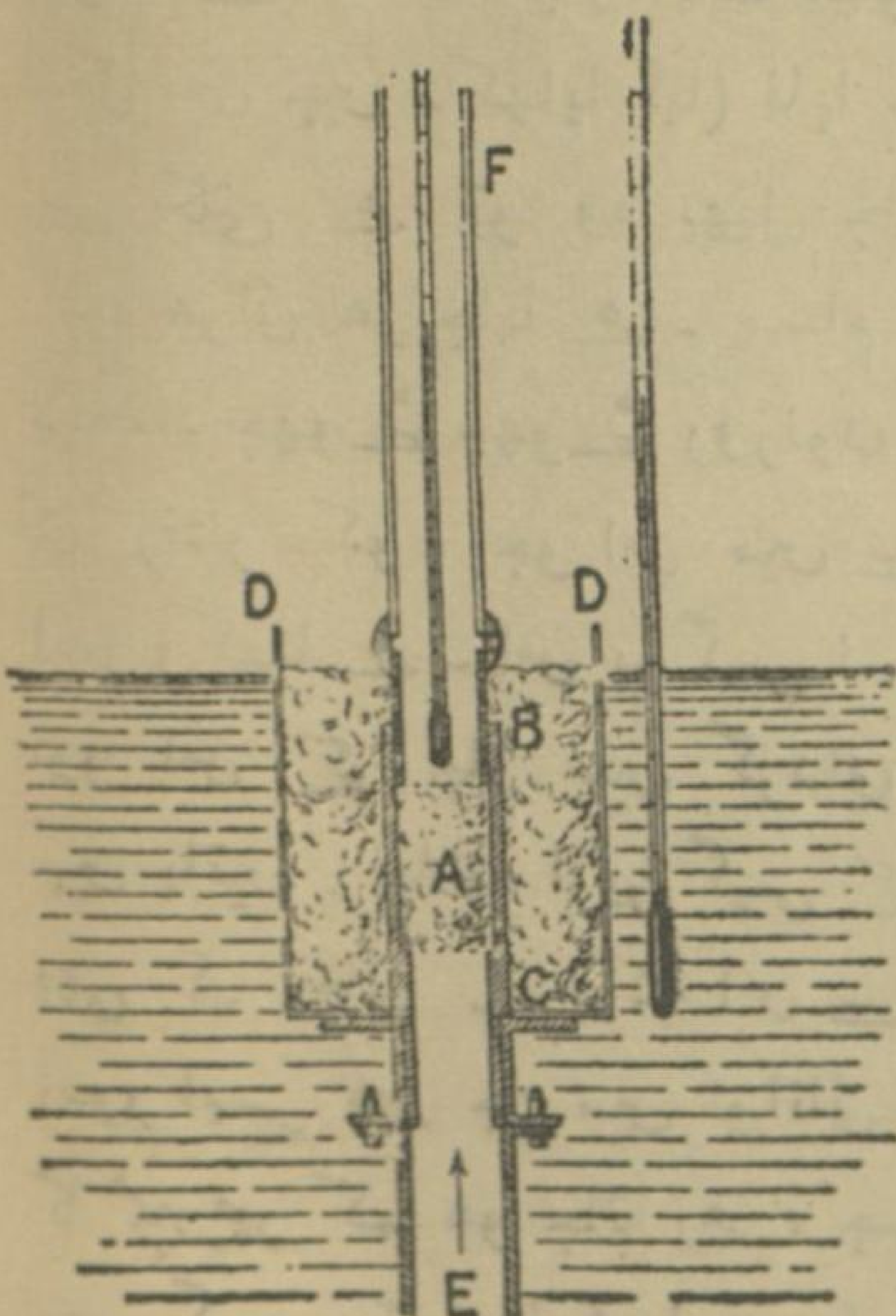


یہ پلگ کاٹن وول (Cotton wool) کا بنا ھوا ھوتا ھے اور اسے دو چھلنی نما پلیٹوں D اور D کے درمیان رکھا جاتا ھے ۔ بیرونی حرارت کو اس پلگ تک پہنچنے سے باز رکھنے کے لیے چوڑی نلی کا اتنا حصہ لکڑی کا بنایا جاتا ھے اور اس حصے کے چاروں طرف ایک کھو کھلے برتن میں کاٹن وول بھر دی جاتی ھے ۔ نیز اس کے باہر کی طرف ایک

اور برتن میں پانی بھر کر رکھ دیا جاتا ہے ۔ ان تمام انتظامات کا مقصد یہ ہے کہ گیس کو ، جب وہ مسام دار پلگ (Porous plug) میں سے گزر رہی ہو ، باھر سے کوئی حرارت نہ مل سکے اور نہ اس کی اپنی حرارت باھر نکل سکے ۔ گیس جب مسام دار پلگ میں داخل ہوتی ہے تو اس طرف اس کا دباؤ کافی زیادہ اور چار پانچ کرہ ھوائی کے برابر ہوتا ہے ۔ یہ دباؤ ایک مینومیٹر (Manometer) کے ذریعے (جسے شکل میں نہیں دکھایا گیا) ناپا جاتا ہے ۔ جب گیس مسام دار پلگ میں سے نکلتی ہے تو وہ پھیل جاتی ہے اور اس کا دباؤ گر کر قریباً ایک کرہ ھوائی ہو جاتا ہے ۔ مسام دار پلگ دراصل اپنے مساموں کے باعث لاتعداد چھوٹے چھوٹے روزنوں (Orifices) کا کام دیتا ہے اور گیس کی رفتار کو ، جو اس میں سے گزر رہی ہوتی ہے ، مناسب حدود کے اندر رکھتا ہے ۔ اس پر گیس نسبتاً کم رفتار سے پلگ میں سے بہتی ہے اور اس کے بہاؤ میں گردابی روئیں (Eddy currents) پیدا ہونے نہیں پاتیں . علاوہ ازیں گیس کے پلگ میں سے گزارتے وقت یہ احتیاط بھی کی جاتی ہے کہ اس سے کسی قسم کی آواز پیدا نہ ہو ۔ یہ تمام امور ایسے ھیں جن میں توانائی کا خرچ ہوتا ہے اور ان کی وجہ سے گیس کا ٹمپریچر کم ہو جاتا ہے ، جس سے یہ مشکل پیش آ جاتی ہے کہ پھر گیس کے مالیکیولوں کی کشش کے باعث ٹمپریچر میں ہونے والی کمی کو علیحدہ طور پر ناپا نہیں جا سکتا ۔ چوڑی نلی AB کے اندر مسام دار پلگ میں گزرنے والی گیس کے بہاؤ کو کم و بیش ایک گھنٹہ تک جاری رکھا جاتا ہے تاکہ نلی AB کے تمام حصوں میں ٹمپریچر کی قیمتیں مستقل ہو جائیں ۔ مسام دار پلگ میں داخل ہونے سے پہلے گیس کا ٹمپریچر ایک پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر (Platinum resistance thermometer) سے معلوم کیا جاتا ہے ۔ اسی طرح مسام دار پلگ میں سے گزرنے کے بعد گیس کا ٹمپریچر ایک اور پلاٹینیم مزاحمتی تھرمامیٹر (Platinum resistance thermometer) سے ناپ لیا جاتا ہے ۔ یہ دونوں تھرمامیٹر ٹمپریچر کی ان پیمائیشوں کے لیے پلگ کے دونوں طرف اس سے کچھ فاصلے پر رکھے ہوتے ھیں ۔ جیسا کہ پہلے بیان ہو چکا ہے

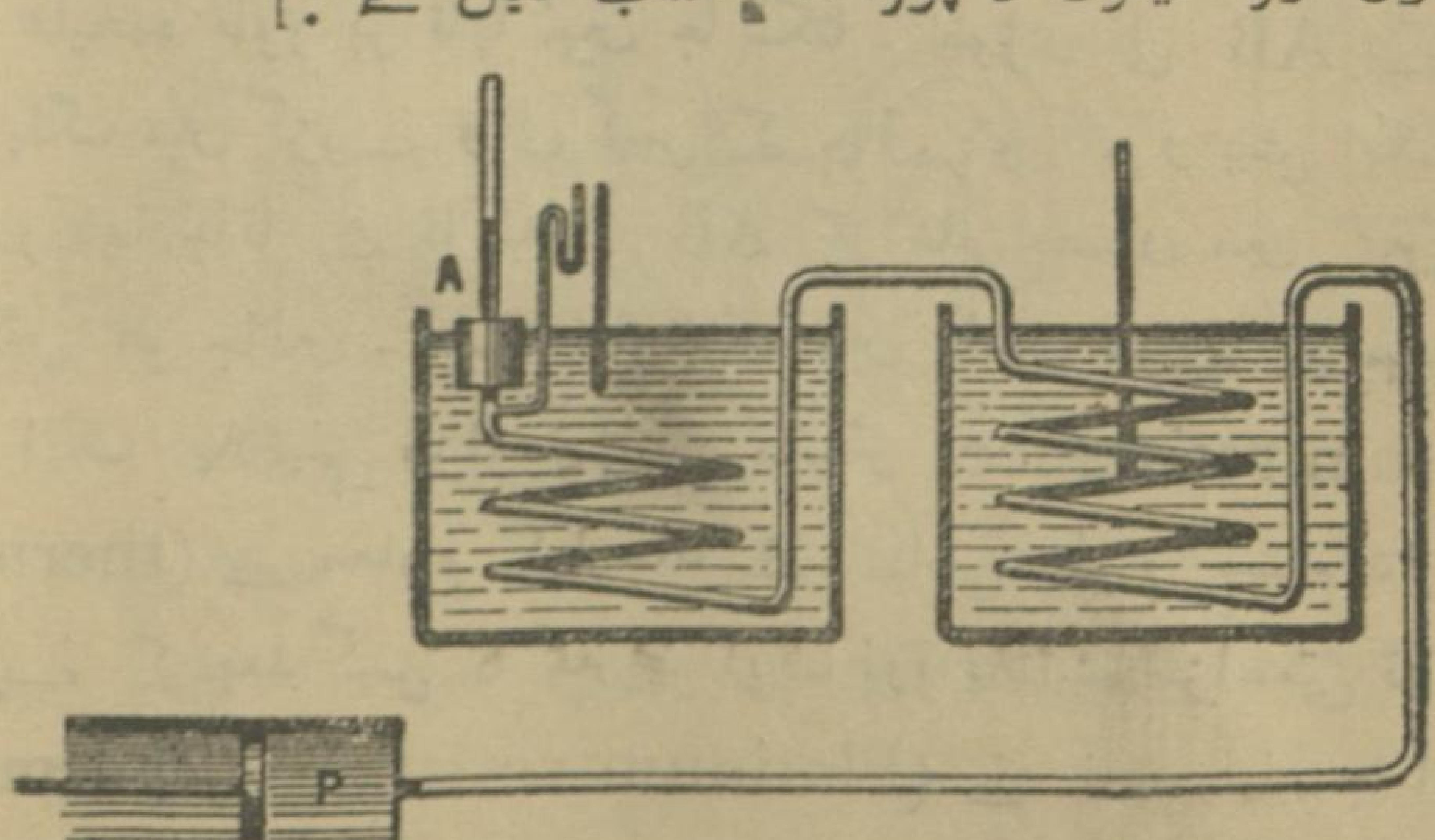
اس تجربے میں گیس کا دباؤ پلگ کے ادھر کی طرف قریباً چار پانچ کرہ ہوائی ہوتا ہے اور پلگ کے دوسری جانب وہ ایک کرہ ہوائی ہو جاتا ہے۔

جاؤل (Joule) اور کیلون (Kelvin) نے 4°C سے لے کر 100°C تک مختلف ٹمپریچروں پر گیس کو رکھ کر ہوا، آکسیجن، نائٹروجن، کاربن ڈائی اوکسائڈ اور ہائیڈروجن کے متعلق یہ تجربہ کیا اور ان کے بعد بعض دیگر سائنس دانوں نے اس تجربے کو دہرایا۔



جاؤل اور کیلون نے اپنے تاریخی تجربے میں جو آلہ استعمال کیا، اس کا پلگ والا حصہ سامنے کی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ اس میں A مسام دار پلگ ہے، EF وہ نلی ہے جس کے درمیان میں یہ پلگ ہے اور باقی حصے شکل میں نمایاں ہیں۔

جاؤل اور کیلون کا پورا آلہ حسب ذیل ہے:]



اس میں P پمپ ہے جس کے ذریعے گیس کو آلے میں بھیجا جاتا ہے۔ یہ گیس دو لہریے دار نالیوں میں گزرتی ہے جو پانی میں ڈوبی ہوئی ہوتی

ہیں ، جس کے بعد یہ پلگ والے حصے میں آتی ہے ، جو اس شکل میں A کے مقام پر چھوٹا سا نظر آتا ہے - پلگ میں سے گزرنے سے پہلے گیس کا دباؤ ناپنے کے لیے جس مینومیٹر (Manometer) کا استعمال کیا جاتا ہے ، اس شکل میں وہ بھی نظر آ رہا ہے -

مسام دار پلگ کے تجربے کے نتائج - مسام دار پلگ کے تجربے سے حاصل شدہ نتائج حسب ذیل ہیں :

۱ - ھائیڈروجن کے سوا باقی تمام گیسوں کو جب مسام دار پلگ میں سے گزار کر پھیلنے دیا جاتا ہے تو وہ پہلے سے معمولی سی سرد ہو جاتی ہیں اور ان کا ٹمپریچر تھوڑا سا گر جاتا ہے - البتہ ھائیڈروجن گیس کو جب مسام دار پلگ میں سے گزار کر پھیلنے دیا جاتا ہے تو وہ پہلے کی نسبت معمولی سی گرم ہو جاتی ہے اور اس کا ٹمپریچر تھوڑا سا بڑھ جاتا ہے -

۲ - جب ھائیڈروجن گیس کا ٹمپریچر $-80°C$ سے نیچے ہو اور اُسے مسام دار پلگ (Porous plug) میں سے گزار کر پھیلنے دیا جائے تو اس کا ٹمپریچر بھی تھوڑا سا گر جاتا ہے اور اس بارے میں ھائیڈروجن کا رویہ بھی دیگر گیسوں کا سا ہو جاتا ہے -

۳ - مسام دار پلگ کے دونوں طرف عام گیسوں کے ٹمپریچر کی کمی دباؤ کے اس فرق کے متناسب ہوتی ہے ، جو پلگ کے دونوں جانب پایا جاتا ہے - چنانچہ دباؤ کا یہ فرق جتنا زیادہ ہوتا ہے ، ٹمپریچر کا گراؤ بھی اسی نسبت سے زیادہ ہو جاتا ہے -

۴ - جب گیس کا ٹمپریچر کم ہو اور اس پر مسام دار پلگ کا تجربہ کیا جائے تو ٹمپریچر کا گراؤ (Fall of temperature) فی کرہ ہوائی فرق (Per atmosphere difference) نسبتاً زیادہ ہوتا ہے - جب گیس کے ٹمپریچر کو بتدریج بڑھایا جائے تو ٹمپریچر کا یہ گراؤ (فی کرہ ہوائی فرق) کم ہوتا جاتا ہے ، یہاں تک کہ ایک خاص ٹمپریچر پر پہنچ کر ٹمپریچر کا یہ گراؤ بالکل نہیں ہوتا اور پلگ کے دونوں طرف کا ٹمپریچر برابر رہتا ہے - جب گیس کا ابتدائی ٹمپریچر اس خاص

ٹمپریچر سے بڑھا دیا جائے تو ٹمپریچر کے گراؤ ٹمپریچر کا چڑھاؤ (Rise of temperature) میں تبدیل ہوجاتا ہے - یعنی اس اونچے ٹمپریچر پر مسام دار پلگ سے گزرنے کے بعد گیس کا ٹمپریچر (گھٹنے کی بجائے) تھوڑا سا بڑھ جاتا ہے - یہ خاص ٹمپریچر گیس کا الٹاؤ کا ٹمپریچر (Temperature of inversion) کہلاتا ہے کیونکہ اس ٹمپریچر سے نیچے گیس مسام دار پلگ میں سے گزرنے کے بعد قدرے ٹھنڈی ہوتی ہے ، مگر اس ٹمپریچر سے اوپر اس کی کیفیت الٹی ہو جاتی ہے اور وہ مسام دار پلگ میں سے گزرنے کے بعد قدرے گرم ہونے لگتی ہے -

۵ - بیشتر گیسوں مثلاً ہوا ، آکسیجن ، نائٹروجن اور کاربن ڈائی اوکسائڈ کے لیے الٹاؤ کے ٹمپریچر (Temperature of inversion) عام ٹمپریچر سے بہت اونچے ہوتے ہیں - اس لیے جب عام ٹمپریچر پر ان گیسوں کو مسام دار پلگ میں سے گزار کر پھیلنے دیا جائے تو وہ ٹھنڈی ہوجاتی ہیں اور ان کا ٹمپریچر پہلے سے کم ہوجاتا ہے - لیکن ہائیڈروجن کا الٹاؤ کا ٹمپریچر (Temprature of inversion) 80°C – ہے اور اس وجہ سے عام ٹمپریچر پر ہائیڈروجن اپنے الٹاؤ کے ٹمپریچر سے کافی اوپر ہوتی ہے - اس کا نتیجہ یہ ہے کہ جب عام ٹمپریچر پر ہائیڈروجن کو مسام دار پلگ میں سے گزرنے دیا جاتا ہے تو اس کا ٹمپریچر پہلے سے قدرے بڑھ جاتا ہے -لیکن جب ہائیڈروجن کو اس کے الٹاؤ کے ٹمپریچر (Temperature of inversion) یعنی 80°C– سے نیچے ٹھنڈا کرکے مسام دار پلگ میں سے گزارا جاتا ہے تو وہ پہلے سے مزید ٹھنڈی ہو جاتی ہے اور اس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے -

مسام دار پلگ کے تجربے کے بعض کوائف - مسام دار پلگ کے تجربے کے متعلق جو نتائج اوپر بیان کیے گئے ہیں ان کی تصدیق اس تجربے کے ذیل کے کوائف سے ہو جاتی ہے جو جاؤل اور کیلون اور ان کے بعد دیگر سائنس دانوں نے حاصل کیے ہیں -

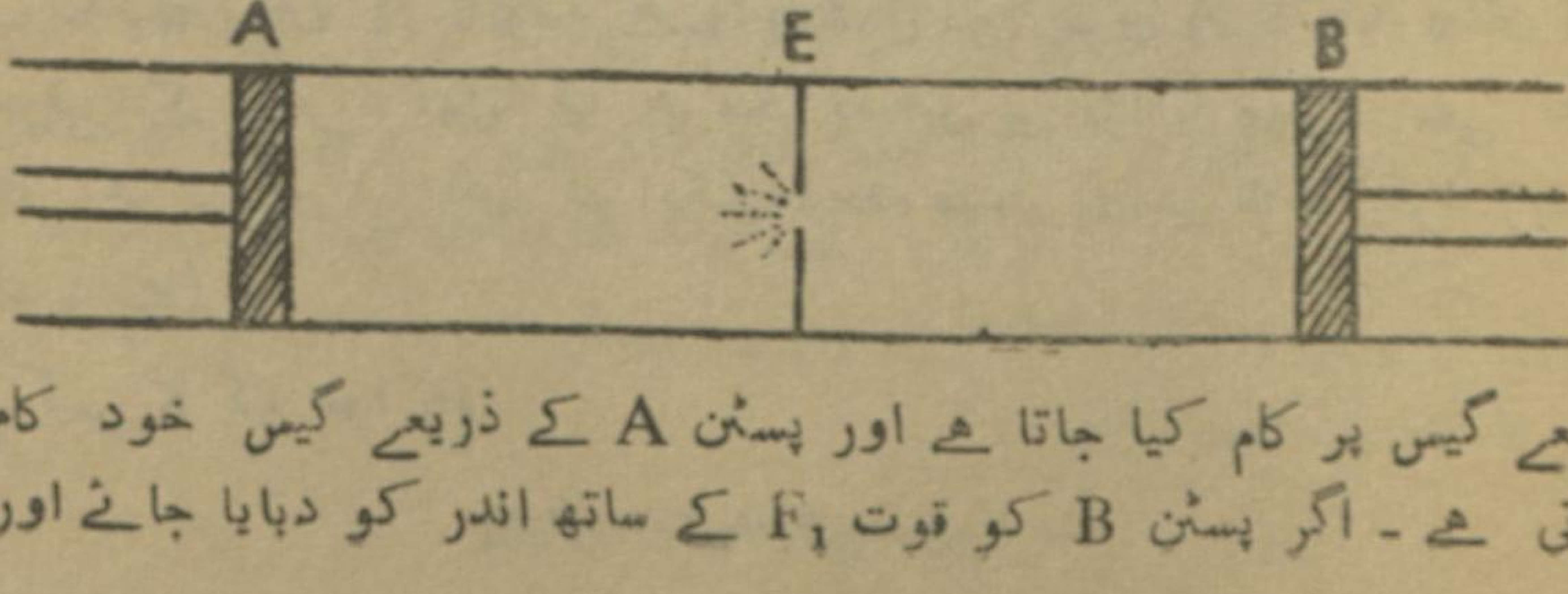
ہوا کی صورت میں جب ہوا کا ابتدائی ٹمپریچر 0°C ہو تو مسام دار پلگ میں سے گزرنے کے بعد اس کے ٹمپریچر میں جو کمی

آتی ہے وہ دباؤ کے ایک کرہ ہوائی فرق کے لیے 0·275°C ہوتی ہے ، جب ہوا کا ٹمپریچر 50°C ہو تو ٹمپریچر کی کمی گر کر 0·209°C ہو جاتی ہے ، جب ہوا کا ٹمپریچر 93°C ہو تو یہ کمی مزید گر کر 0·152°C ہو جاتی ہے ۔ گویا جوں جوں ہوا کا ٹمپریچر بڑھتا ہے مسام دار پلگ کے دونوں جانب کے ٹمپریچر کا فرق کم ہوتا جاتا ہے اور بالآخر آلٹاؤ کے ٹمپریچر پر پہنچ کر بالکل معدوم ہو جاتا ہے ۔

کاربن ڈائی اوکسائڈ کی صورت میں دباؤ کے ایک کرہ ہوائی فرق کے لیے ٹمپریچر کی یہ کمی 0°C پر 1·390°C ، 54°C پر 0·885°C اور 96°C پر 0·645°C ہوتی ہے اور اسی طور سے گھٹتے گھٹتے آلٹاؤ کے ٹمپریچر (Temperature of inversion) پر صفر ہو جاتی ہے ۔

ہائیڈروجن کی صورت میں جب اس کا ٹمپریچر 0°C ہو تو ٹمپریچر کی یہ کمی زیادتی میں بدل جاتی ہے مگر یہ زیادتی بہت خفیف یعنی دباؤ کے ایک کرہ ہوائی فرق کے لیے 0·03°C ہوتی ہے ۔

مسام دار پلگ کے تجربے کی نظریاتی توجیہ ۔ مسام دار پلگ کے تجربے (Porous plug experiment) کی نظریاتی توجیہ کرنے کے لیے ذیل کی شکل کو زیر غور لاؤ جو اس تجربے کو سادہ طریقے سے ظاہر کرتی ہے ۔ اس شکل میں E ایک روزن ہے جو سادہ طور پر مسام دار پلگ کو ظاہر کرتا ہے ۔ B ایک پسٹن (Piston) یعنی ڈاٹ ہے ، جس کو دبانے سے گیس پلگ میں سے گزتی ہے اور دوسری طرف جا کر پھیل جاتی ہے ۔ اب اگر اس طرف اس کے سامنے ایک اور پسٹن (Piston) A ہو تو یہ اس پسٹن کو کسی قدر پیچھے کو دھکیلتی ہے ۔ اس طرح پسٹن B کے



ذریعے گیس پر کام کیا جاتا ہے اور پسٹن A کے ذریعے گیس خود کام کرتی ہے ۔ اگر پسٹن B کو قوت F_1 کے ساتھ اندر کو دبایا جائے اور

یہ x_1 فاصلہ طے کرے تو گیس پر کیا ہوا کام F_1x_1 ہوگا اگر اس عمل سے m گرام گیس پلگ میں سے گزر کر EA حصے میں جائے اور BE حصے میں اس گیس کا حجم v_1 ہو تو

$$v_1 = a_1x_1$$

جب کہ a_1 اس پسٹن کا رقبہ ہے ۔

علاوہ ازیں اس گیس پر اس طرف عمل کرنے والا دباؤ اگر p_1 ہو تو

$$p_1 = \frac{F_1}{a_1}$$

$$\therefore \qquad F_1 = p_1a_1$$

پس گیس پر کیا جانے والا کام

$$= F_1x_1 = p_1a_1x_1 = p_1v_1$$

پلگ کے دوسری طرف یعنی E اور A کے درمیان آ کر اس گیس کا دباؤ گھٹ کر p_2 رہ جاتا ہے اور اس کا حجم پھیل کر v_2 ہو جاتا ہے ۔ یہ گیس اب خود کام کرتی ہے اور اگر یہ پسٹن A کو x_2 فاصلے تک قوت F_2 سے دھکیلے تو

$$v_2 = F_2x_2$$

اور

$$p_2 = \frac{F_2}{a_2}$$

جب کہ a_2 پسٹن A کا رقبہ ہے (اس شکل میں پسٹن A کا رقبہ پسٹن B کے رقبے کے برابر دکھایا گیا ہے مگر یہ اس سے بڑا یا چھوٹا بھی ہو سکتا ہے ۔ اس لیے اس کو ایک علیحدہ مقدار a_2 سے ظاہر کرنا زیادہ مناسب ہے)

پس گیس کا کیا ہوا کام

$$= F_2x_2 = p_2a_2x_2 = p_2v_2$$

اس سے ظاہر ہے کہ گیس کی زیر غور مقدار پر کیا ہوا کام p_1v_1 ہے اور اس کے نتیجے میں پلگ میں سے گزرنے کے بعد گیس کا کیا ہوا کام p_2v_2 ہے - یہ صحیح ہے کہ مسام دار پلگ کے اصل تجربے میں پسٹن A کا فی الواقع وجود نہیں ہوتا لیکن اس کی بجائے کرہ ہوائی کا دباؤ موجود ہوتا ہے ، جس کے عمل کو پسٹن A عمل کا قائم مقام قرار دیا جا سکتا ہے -

اب اگر گیس کی زیر غور مقدار کی توانائی ابتدا میں یعنی پلگ میں سے گزرنے سے پہلے u_1 ہو اور آخر میں یعنی پلگ میں سے گزرنے کے بعد u_2 ہو جائے تو ان دونوں کا فرق (u_1-u_2) قدرتی طور پر گیس پر کیے ہوئے کام p_2v_2 اور گیس پر کیے ہوئے کام p_1v_1 کے فرق $(p_2v_2-p_1v_1)$ کے برابر ہوگا کیوں کہ جب p_1v_1 سے p_2v_2 زیادہ ہوتا ہے تو اس کا مطلب یہ ہے کہ یہ گیس کا کیا ہوا کام اس پر کیے ہوئے کام سے زیادہ ہے - اس لیے یہ زائد کام کرنے میں گیس اپنی توانائی خرچ کرتی ہے جس سے اس کی توانائی u_1 سے گر کر u_2 ہو جاتی ہے اور ان دونوں توانائیوں کا فرق دونوں کاموں کے فرق کے برابر ہوتا ہے - پس

$$p_2v_2-p_1v_1=u_1-u_2$$

یہاں یہ ذکر کرنا مناسب ہے کہ کسی گیس کی توانائی دو حصوں یعنی حرکتی توانائی (Kinetic Energy) اور بستہ توانائی (Potential energy) پر مشتمل ہوتی ہے - اس میں سے بستہ توانائی کا تعلق مالیکیولوں کی باہمی کشش کے ساتھ ہوتا ہے -

اب ہم ایک حقیقی گیس کی تین صورتوں کا جائزہ لیتے ہیں -

(۱) پہلی صورت وہ ہے جب p_1v_1 اور p_2v_2 برابر ہوتے ہیں - اس صورت میں گیس بوائل کے قانون کی مکمل پیروی کرتی ہے اور حقیقی گیس پر یہ کیفیت اس وقت پیش آتی ہے جب وہ بوائل ٹمپریچر پر ہو یا اس کے قریب ہو -

$$\therefore \quad u_1+p_1v_1=u_2+p_2v_2$$

اس لیے جب $p_1v_1=p_2v_2$ ہو تو

$$u_1=u_2$$

اس کا مطلب یہ ہے کہ محض دباؤ اور حجم کی تبدیلی کے باعث گیس کی اندرونی توانائی میں کچھ فرق نہیں پڑتا ۔ البتہ اگر گیس کے مالیکیولوں کے درمیان کشش موجود ہو تو گیس جب پھیلتی ہے یعنی جب اس کا حجم v_1 سے بڑھ کر v_2 ہوتا ہے (اور ساتھ ہی اس کا دباؤ p_1 سے گھٹ کر p_2 ہوجاتا ہے) تو گیس کو اس کشش پر غالب آنے کے لیے کچھ کام کرنا پڑتا ہے اور اس کام میں اس کی کچھ اندرونی توانائی خرچ ہو جاتی ہے ، جس سے اس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے ۔ اس صورت میں اگر پورس پلگ میں سے گزرنے سے پہلے گیس کا ٹمپریچر T_1 ہو اور پورس پلگ میں سے گزرنے کے بعد اس کا ٹمپریچر T_2 ہو تو T_1 سے T_2 تھوڑا سا کم ہوتا ہے ۔

۲۔ اب ہم دوسری صورت زیر غور لاتے ہیں ، جب p_1v_1 سے p_2v_2 زیادہ ہوتا ہے ۔ چونکہ مسام دار پلگ میں سے گزر جانے کے بعد گیس کا دباؤ کافی گر جاتا ہے ، اس لیے p_2 ہمیشہ p_1 سے کم ہوتا ہے ۔ایک بار اینڈریوز کے کج خطوں (Andrew's curves) کو دھیان میں لائیے ۔ ان کے مطابق ھائیڈروجن کو چھوڑ کر دیگر گیسوں کے لیے ابتدا میں جب ان کا دباؤ ایک کرہ ہوائی سے 10 یا 20 کرہ ہوائی کے برابر ہو تو p کے کم ہونے پر pv بڑھ جاتا ہے ۔ اس لیے جب ان گیسوں یعنی آکسیجن ، نائٹروجن ، کاربن ڈائی اوکسائڈ اور ہوا وغیرہ کو مسام دار پلگ میں سے گزارا جاتا ہے تو pv کی قیمت بڑھ جاتی ہے اور p_1v_1 سے p_2v_2 زیادہ ہو جاتا ہے ۔

$$\because \qquad u_1+p_1v_1=u_2+p_2v_2$$

اس لیے جب p_2v_2 زیادہ اور p_1v_1 کم ہو تو u_2 کم اور u_1 زیادہ ہو جاتی ہے یعنی دباؤ اور حجم کی اس تبدیلی کے باعث گیس کی اندرونی توانائی پلگ میں سے گزرنے کے بعد گھٹ جاتی ہے اور اس وجہ سے اس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے ۔ علاوہ ازیں گیس کے اس طور پھیلنے سے اسے

مالیکیولوں کی باہمی کشش کے خلاف بھی کام کرنا پڑتا ہے اور یہ امر بھی اس کی اندرونی توانائی کو کم کرنے اور اس کے ٹمپریچر کو گرانے کا باعث بنتا ہے ۔ ان دونوں امور کا نتیجہ یہ ہے کہ پلگ میں سے گزرنے کے بعد اس کا ٹمپریچر T_2 اس کے پہلے ٹمپریچر سے T_1 کم ہو جاتا ہے ۔

۳ ۔ اب ہم تیسری صورت کو زیر غور لاتے ہیں ، جب p_1v_1 سے p_2v_2 کم ہوتا ہے ۔ اینڈریوز کے کچ خطوں (Andrew's curves) کے مطالعے سے معلوم ہوتا ہے کہ جب آکسیجن ، نائٹروجن ، کاربن ڈائی اوکسائڈ اور ہوا کا ٹمپریچر ان کے اپنے اپنے بوائل ٹمپریچر سے کافی اوپر ہو تو p کے گھٹنے سے ان گیسوں کے لیے بھی pv گھٹ جاتا ہے ۔

$$\because \qquad u_1+p_1v_1=u_2+p_2v_2$$

اس لیے جب p_2v_2 کم اور p_1v_1 اس سے زیادہ ہو تو u_1 کم اور u_2 اس سے زیادہ ہوتی ہے ۔ u_2 کے زیادہ ہونے کا مطلب یہ ہے کہ دباؤ اور حجم کی مذکورہ تبدیلی کے باعث گیس کی اندرونی توانائی پلگ میں سے گزرنے کے بعد گھٹ جاتی ہے اور اس وجہ سے اس کا ٹمپریچر ذرا سا بڑھ سکتا ہے ۔ مگر گیس کو پھیلنے میں آسے مالیکیولوں کی کشش پر غالب آنے کے لیے جو توانائی صرف کرنی پڑتی ہے ، اس کے باعث اس کا ٹمپریچر ذرا سا گھٹ جاتا ہے ۔ یہ دونوں اثرات ایک دوسرے کے متضاد ہیں اور ان سے ذیل کے نتائج پیدا ہوتے ہیں ۔

جب گیس کا ٹمپریچر اس کے بوائل کے ٹمپریچر سے ذرا سا اوپر ہو تو پہلے اثر سے اس کے ٹمپریچر میں تھوڑی سی زیادتی ضرور پیدا ہوتی ہے مگر دوسرے اثر سے اس میں ٹمپریچر کی جو کمی آتی ہے وہ اس زیادتی سے بڑھی ہوئی ہوتی ہے ۔ اس لیے پلگ (Plug) میں سے گزرنے کے بعد مجموعی طور پر گیس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے ۔

جس گیس کے ٹمپریچر کو بوائل ٹمپریچر سے بتدریج بڑھا بڑھا کر اس تجربے کو دھرایا جائے تو ایک خاص ٹمپریچر پر پہنچ کر پہلے اثر سے گیس کے ٹمپریچر میں ، جو زیادتی آتی ہے ، دوسرے اثر سے پیدا ہونے والی ٹمپریچر کی کمی اس کے عین برابر ہو جاتی ہے ، جس کے باعث پلگ میں

گزرنے کے بعد گیس کا ٹمپریچر مجموعی طور پر نہ بڑھتا ہے اور نہ گھٹتا ہے بلکہ اپنی پہلی قیمت پر برقرار رہتا ہے ۔ اس خاص ٹمپریچر کو آلٹاؤ کا ٹمپریچر (Temperature of inversion) کہتے ہیں اور یہ بوائل کے ٹمپریچر سے کافی اونچا ہوتا ہے ۔ جب گیس کا ٹمپریچر اس کے آلٹاؤ کے ٹمپریچر (Temperature of inversion) سے کافی اونچا ہو اور اس اونچے ٹمپریچر پر اس کو مسام دار پلگ (Porous plug) میں سے گزارا جائے تو پہلے اثر سے گیس کے ٹمپریچر میں جو زیادتی پیدا ہوتی ہے ، وہ دوسرے اثر سے پیدا ہونے والی ٹمپریچر کی کمی سے بڑھ جاتی ہے اس لیے پلگ میں سے گزرنے کے بعد مجموعی طور پر گیس کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ہے ۔

۴ ۔ ھائیڈروجن اور ھیلیم کے سوا باقی گیسوں کے لیے آلٹاؤ کے ٹمپریچر (Temperature of inversion) عام ٹمپریچروں سے بہت زیادہ اونچے ہوتے ہیں ، اس لیے جب عام ٹمپریچروں پر ان گیسوں کو رکھ کر ان پر مسام دار پلگ کا تجربہ (Porous plug experiment) کیا جائے تو پلگ میں سے گزرنے کے بعد ان کا ٹمپریچر T_2 ان کے پہلے ٹمپریچر T_1 سے گرا ہوا ہوتا ہے ۔ لیکن ھائیڈروجن کے لیے آلٹاؤ کا ٹمپریچر (Temperature of inversion) $-80°C$ ہے جو عام ٹمپریچر سے بہت نیچے ہے ۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ عام ٹمپریچروں پر ھائیڈروجن کو جب مسام دار پلگ میں سے گزارا جائے تو اس کا دوسرا ٹمپریچر T_2 اس کے پہلے ٹمپریچر T_1 سے ذرا سا بڑھا ہوا ہوتا ہے ، لیکن اگر ھائیڈروجن کو پہلے ٹھنڈا کر کے اس کا ٹمپریچر $-80°C$ سے نیچے کر لیا جائے اور پھر اسے مسام دار پلگ میں سے گزارا جائے تو دوسری گیسوں کی طرح ھائیڈروجن کا دوسرا ٹمپریچر T_2 بھی اس کے پہلے ٹمپریچر T_1 سے کسی قدر کم ہو جاتا ہے ۔

جاؤل کیلون اثر اور وان ڈر والز مساوات ۔ جب کسی گیس کو بھاری دباؤ کے ماتحت ایک مسام دار پلگ میں سے گزار کر پھیلنے دیا جاتا ہے تو اس گیس کا ٹمپریچر بعض حالات میں پہلے سے گر جاتا ہے اور

بعض دیگر حالات میں پہلے سے اونچا ہو جاتا ہے ، اسے **جاؤل کیلون اثر** (Joule Kelvin's effect) کہتے ہیں ۔ اس کی پوری تفصیل اوپر گزر چکی ہے ۔ اب ہم جاؤل کیلون اثر کو وان ڈر والز مساوات (Van der Waals equation) کی روشنی میں بیان کرتے ہیں ۔

اگر مسام دار پلگ (Porous plug) میں سے گزرنے سے پہلے گیس کا دباؤ p_1 ، اس کا حجم v_1 اور اس کا ٹمپریچر T_1 ہو اور پلگ میں سے گزرنے کے بعد اس گیس کا دباؤ p_2 ، اس کا حجم v_2 اور اس کا ٹمپریچر T_2 ہو جائے تو گیس کو پھیلنے کے دوران میں بیرونی اور اندرونی دونوں کام کرنے پڑتے ہیں ۔ چنانچہ گیس کا کیا ہوا بیرونی کام

$$=p_2v_2-p_1v_1$$

گیس کا اندرونی کام مالیکیولوں کی باہمی کشش پر غلبہ پانے کے لیے کیا جاتا ہے ۔ چونکہ وان ڈر والز مساوات کے مطابق گیس کے دباؤ میں $\frac{a}{v_2}$ کی جو کمی آتی ہے یہ مالیکیولوں کی باہمی کشش کا نتیجہ ہوتی ہے ، اس لیے جب گیس کا حجم v_1 سے v_2 تک پھیلتا ہے تو اس گیس کا کیا ہوا اندرونی کام

$$=\int_{v_1}^{v_2}\frac{a}{v^2}dv=\left[-\frac{a}{v}\right]_{v_1}^{v_2}$$

$$=\frac{a}{v_1}-\frac{a}{v_2}$$

پس اگر گیس کا کیا ہوا کل کام W ہو تو

$$W=p_2v_2-p_1v_1+\frac{a}{v_1}-\frac{a}{v_2}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

وان ڈر والز مساوات کے مطابق

$$\left(P+\frac{a}{v_2}\right)(v-b)=RT$$

$$pv+\frac{a}{v}-pb-\frac{ab}{v_2}=RT \quad \text{یا}$$

چونکہ $\frac{ab}{v^2}$ بہت چھوٹی مقدار ہے ، اس لیے دیگر مقداروں کے مقابلے

میں اس کو حذف کیا جا سکتا ہے

$$\therefore \qquad pv+\frac{a}{v}-pb=RT$$

$$pv=RT+\left(pb-\frac{a}{v}\right) \quad \text{یا}$$

یہ ایک عمومی مساوات ہے جس کی رو سے

$$p_1v_1=RT_1+\left(p_1b-\frac{a}{v_1}\right)\text{.....................}(ii)$$

$$p_2v_2=RT_1+\left(p_2b-\frac{a}{v_2}\right)\text{...................}(iii)$$

(ii) اور (iii) کو (i) میں شامل کرنے سے

$$W=\left(RT_2+p_2b-\frac{a}{v_2}\right)-\left(RT_1+p_1b-\frac{a}{v_1}\right)+\frac{a}{v_1}-\frac{a}{v_2}$$

$$W=RT_2+p_2b-\frac{a}{v_2}-RT_1-p_1b+\frac{a}{v_1}+\frac{a}{v_1}-\frac{a}{v_2} \quad \text{یا}$$

$$W=RT_2-RT_1-\frac{2a}{v_2}+\frac{2a}{v_1}-bp_1+bp_2 \quad \text{یا}$$

$$W=RT_2-RT_1-\frac{2a}{v_2}+\frac{2a}{v_1}-b(p_1-p_2)\text{....}(iv) \quad \text{یا}$$

چونکہ a اور b بہت چھوٹے ہیں اس لیے $\frac{2a}{v_2}$ اور $\frac{2a}{v_1}$ کی قیمتوں

میں ہم

$$pv = RT$$

سے مدد لے کر $\frac{1}{v_1}$ کو $\frac{p_1}{RT_1}$ اور $\frac{1}{v_2}$ کو $\frac{p_2}{RT_2}$ رکھ سکتے ھیں ۔
پس ایسا کرنے سے

$$\frac{2a}{v_1} = \frac{2ap_1}{RT_1}$$

$$\frac{2a}{v_2} = \frac{2ap_2}{RT_2}$$

ان قیمتوں کو (iv) میں شامل کرنے سے

$$W = RT_2 - RT_1 - \frac{2ap_2}{RT_2} + \frac{2ap_1}{RT_1} - b(p_1 - p_2)$$

یا $$W = R(T_2 - T_1) - \frac{2ap_2}{RT_2} + \frac{2ap_1}{RT_1} - b(p_1 - p_2)$$

چونکہ $T_1 - T_2$ ٹمپریچر کے فرق کو ظاھر کرتا ھے ، اس لیے اسے dT سے تعبیر کیا جا سکتا ھے ۔

$$W = -RdT - \frac{2ap_2}{RT_2} + \frac{2ap_1}{RT_1} - b(p_1 - p_2)$$

چونکہ T_1 اور T_2 میں فرق بہت کم ھے ، اس لیے $\frac{2ap_2}{RT_2}$ اور $\frac{2ap_1}{RT_1}$ میں ھم T_1 اور T_2 دونوں کو T کے برابر رکھ سکتے ھیں

$$\therefore \quad W = -RdT - \frac{2ap_2}{RT} + \frac{2ap_1}{RT} - b(p_1 - p_2)$$

یا $$W = -RdT + \frac{2a(p_1 - p_2)}{RT} - b(p_1 - p_2)$$

یا $$W = (p_1 - p_2)\left(\frac{2a}{RT} - b\right) - RdT \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (v)$$

چونکہ گیس کو W کام کرنے کے لیے اپنی اندرونی توانائی کو ، جو حرارت کی صورت میں ہوتی ہے ، صرف کرنا پڑتا ہے ، اس لیے اگر مستقل حجم پر گیس کی حرارت مخصوصہ C_v ہو اور یہ حرارت کام کی اکائیوں میں H ہو تو

$$H = C_v dT$$

$$\because \quad H = W$$

$$\therefore \quad C_v dT = (p_1 - p_2)\left(\frac{2a}{RT} - b\right) - RdT$$

یا $$C_v dT + RdT = (p_1 - p_2)\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$$

یا $$(C_v + R)dT = (p_1 - p_2)\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$$

$$\because \quad C_p - C_v = R$$

یا $$C_v + R = C_p$$

$$\therefore \quad C_p dT = (p_1 - p_2)\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$$

$$\therefore \quad dT = \frac{p_1 - p_2}{C_p}\left(\frac{2a}{RT} - b\right) \ldots\ldots\ldots (vi)$$

اس مساوات میں dT ٹمپریچر کی کمی کو ظاہر کرتا ہے ، پس اگر $\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$ ایک مثبت مقدار ہو تو dT بھی مثبت ہوتا ہے اور اس وجہ سے T_1 سے T_2 چھوٹا ہوتا ہے - اس لیے گیس پلگ میں سے گزرنے کے بعد تھوڑی سی ٹھنڈی ہو جاتی ہے -

اگر $\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$ ایک منفی مقدار ہو تو dT بھی منفی ہوتا ہے - اس لیے گیس پلگ میں سے گزرنے کے بعد تھوڑی سی گرم ہو جاتی ہے -

اگر $\left(\frac{2a}{RT}-b\right)$ صفر ہو تو dT بھی صفر ہو جاتا ہے اور اس وجہ سے T_1 اور T_2 برابر ہو جاتے ہیں ، اس لیے گیس پلگ میں سے گزرنے کے بعد نہ تو پہلے سے ٹھنڈی ہوتی اور نہ پہلے سے گرم ہوتی ہے ، بلکہ اس کا ٹمپریچر پلگ میں سے گزرنے کے بعد وہی رہتا ہے جو پلگ میں سے گزرنے سے پہلے ہوتا ہے -

اُلٹاؤ کا ٹمپریچر - اوپر کی تفصیل سے ظاہر ہے کہ $\left(\frac{2a}{RT}-b\right)$ کا صفر ہونا اُلٹاؤ کے ٹمپریچر (Temperature of inversion) کو ظاہر کرتا ہے - چنانچہ اگر گیس ایسے ٹمپریچر T پر ہو کہ

$$\frac{2a}{RT}-b=0$$

یا

$$\frac{2a}{RT}=b$$

یا

$$T=\frac{2a}{Rb}$$

تو یہ T ٹمپریچر (جو $\frac{2a}{Rb}$ کے برابر ہوتا ہے) اُلٹاؤ کے ٹمپریچر کو ظاہر کرتا ہے -

اُلٹاؤ کے ٹمپریچر کا مذکورہ بالا کلیہ نظری طور پر تو درست معلوم ہوتا ہے مگر اس کے ذریعے کسی گیس کے اُلٹاؤ کے ٹمپریچر کی جو قیمت نکلتی ہے وہ اس کی اصل یعنی تجرباتی قیمت سے مختلف ہوتی ہے - اس کی وجہ یہ ہے کہ اس کلیے کی اساس وان ڈر والز مساوات پر ہے - مگر یہ مساوات جیسا کہ پہلے بھی بیان ہو چکا ہے ، تجربے کے ساتھ پورے طور پر لگا نہیں کھاتی -

ہوکسٹن کا کلیہ (Hoxton's formula) - جب تجربے کے ذریعے مذکورہ بالا مساوات

$$dT=\frac{p_1-p_2}{C_p}\left(\frac{2a}{RT}-b\right)$$

کی چھان بین کی جاتی ہے تو معلوم ہوتا ہے کہ dT کی جو قیمت اس مساوات سے نظری طور نکالی جاتی ہے وہ اس کی تجرباتی قیمت کے برابر نہیں نکلتی بلکہ دونوں قیمتوں میں کافی فرق ہوتا ہے - جیسا کہ پہلے بیان ہو چکا ہے اس کی وجہ یہ ہے کہ جس ٹمپریچر اور دباؤ کے ماتحت یہ تجربات کیے جاتے ہیں ، ان پر گیس پورے طور پر وان ڈر والز مساوات کی (جس پر مذکورہ کلیہ مبنی ہے) پیروی نہیں کرتی -

اس مشکل کو دور کرنے کے لیے ایک سائنس داں ہوکسٹن (Hoxton) نے ہوا کے لیے ذیل کا قیاسی کلیہ وضع کیا ہے -

$$dT = 0\cdot1975 - \frac{138}{T} + \frac{319p}{T_2}$$

اس کلیے میں T ہوا کا ٹمپریچر ہے جسے مطلق پیمانے پر ظاہر کیا جاتا ہے اور p ہوا کا دباؤ ہے جسے کرہ ہوائی میں ظاہر کیا جاتا ہے -

اس کلیے کی خوبی یہ ہے کہ اس کے نتائج (وان ڈر والز مساوات سے اخذ کردہ کلیے کے مقابلے میں) تجربے کے زیادہ قریب ہوتے ہیں - لیکن اس میں خامی یہ ہے کہ یہ محض ایک قیاسی کلیہ ہے جس کی بنا کسی نظریے پر نہیں ہے - علاوہ ازیں اس کا استعمال محض ہوا پر ہی کیا جا سکتا ہے -

سوالات

Q. 1. What do you understand by 'the continuity of state'? Describe the experiment of Cagniard de la Tour in support of it.

'حالت کے تسلسل' سے آپ کی کیا مراد ہے ؟ اس کی تائید میں کانی آر دو لاتور کا تجربہ بیان کیجئے -

Q. 2. Describe Andrews experiments on the relation between the volume and pressure of various gases. What important conclusions are drawn from them ?

مختلف گیسوں کے حجم اور دباؤ کے درمیان تعلق ظاہر کرنے

کے لیے اینڈریوز کے تجربات بیان کرو ۔ ان سے کیا کیا اہم نتائج حاصل ہوتے ھیں ؟

Q. 3. What is meant by the critical constants of a gas? Define critical temperature, critical pressure and critical volume of a gas.

کسی گیس کے فاصل مستقلوں سے کیا مراد ھے ؟ گیس کے فاصل ٹمپریچر ، فاصل دباؤ اور فاصل حجم کی تعریف کرو ۔

Q. 4. Describe the methods by which the critical temperature, the critical pressure and the critical volume of a gas can be determined.

وہ طریقے بیان کیجئے جن کے ذریعے ایک گیس کے فاصل ٹمپریچر ، فاصل دباؤ اور فاصل حجم کی پیمائش کی جاسکتی ھے ۔

Q. 5. (*a*) Discuss the behaviour of different gases under high pressure, in the light of the Amagat's curve.

(b) What is meant by Boyle's temperature?

(ا) ایمے گٹ کے کج خطوں کی روشنی میں بہت اونچے دباؤ پر مختلف گیسوں کے رویے پر بحث کیجئے ۔

(ب) بوائل ٹمپریچر سے کیا مراد ھے ؟

Q. 6. Derive Van der Waal's equation by taking into consideration the attraction between the molecules of a gas and the finite size of these molecules.

کسی گیس کے مالیکیولوں کے باھمی کشش اور ان مالیکیولوں کے واضح سائز کو زیر غور لا کر وان ڈر والز مساوات اخذ کرو ۔

Q. 7. How will you deduce the values of the Critical Constants of a gas from Von der Waal's equation?

کسی گیس کے فاصل مستقلوں کی قیمتیں آپ وان ڈر والز مساوات سے کس طرح اخذ کریں گے ؟

Q. 8. What is meant by the critical coefficient of a gas? Show that on theoretical grounds its value for all gases is the same and is equal to 2·7. Does this value correspond with the experimental value for different gases?

کسی گیس کے فاصل معیار سے کیا مراد ہے ۔ ثابت کرو کہ نظری طور پر اس کی قیمت سب گیسوں کے لیے ایک ہی ہوتی ہے اور وہ 2.7 کے برابر ہے ۔ کیا یہ قیمت مختلف گیسوں کے لیے تجرباتی قیمت کے ساتھ مطابقت رکھتی ہے ۔

Q. 9. Describe the method of finding out the values of the constants a and b of Van der Waals equation for a gas. How can the value of the Critical temperature of the gas estimated from the values of a and b?

کسی گیس کے لیے وان ڈر والز مساوات کے مستقل a اور b کی قیمتیں معلوم کرنے کا طریقہ بیان کرو ۔ a اور b کی ان قیمتوں سے گیس کے فاصل ٹمپریچر کا اندازہ کس طرح لگایا جا سکتا ہے ؟

Q. 10. (a) Deduce the Reduced equation of state from Van der Waal's equation.

(b) When are the two gases said to be in the corresponding state ? State the law of the corresponding state.

(الف) وان ڈر والز مساوات سے حالت کی تحویل شدہ مساوات اخذ کرو ۔

(ب) دو گیسیں متناظرہ حالت میں کب ہوتی ہیں ۔ متناظرہ حالت کا قانون بیان کرو ۔

Q. 11. Describe the porous plug experiment conducted by Joule and Kelvin. What conclusions are drawn from this experiment ?

جاؤل اور کیلون کے کیے ہوئے مسام دار پلگ کے تجربے کو بیان کرو ۔ اس تجربے سے کیا نتائج اخذ کیے جاتے ہیں ؟

Q. 12. (a) Describe Joule Kelvin effect as established by porous plug experiment.

(b) Give a theoretical account of the porous plug experiment.

(الف) جاؤل کیلون اثر کو جس طرح وہ مسام دار پلگ کے تجربے سے ثابت کیا گیا ہے ، بیان کیجئے ۔

(ب) مسام دار پلگ کے تجربے کی نظریاتی تفصیل دیجئے ۔

آٹھواں باب

گیسوں کو مائع بنانا

(LIQUEFACTION OF GASES)

گیسوں کو مائع بنانے میں کامیابی کا پہلا شرف انگلستان کے مشہور سائنس دان فاراڈے (Faraday) کو حاصل ہوا، جس نے 1823ء میں پہلے کلورین کو اور پھر ہائیڈروجن سلفائڈ، امونیا، ہائیڈروکلورک ایسڈ گیس اور سلفر ڈائی اوکسائڈ کو گیس سے مائع حالت میں منتقل کیا۔ اس کا طریقہ سادہ تھا یعنی گیس کو انجمادی آمیزے (Freezing mix-ture) مثلاً برف اور نمک کے آمیزے سے ٹھنڈا کیا جائے اور پھر اس پر بہت زیادہ دباؤ پڑنے دیا جائے۔ فاراڈے نے اس طریقے کو آکسیجن، نائٹروجن، ہوا اور ہائیڈروجن پر بھی آزمایا مگر یہ گیسیں اس کے طریقے سے مائع حالت میں منتقل نہ ہو سکیں جس کے بعد اس نے یہ فیصلہ دیا کہ جہاں تک گیسوں کو مائع بنانے کا تعلق ہے، ان کی دو قسمیں ہیں، ایک تو **مائع پذیر** (Liquefiable) **گیسیں** ہیں جن کو معمولی طور پر سرد کرنے کے بعد جب ان پر بھاری دباؤ ڈالا جاتا ہے تو وہ مائع حالت میں منتقل ہو جاتی ہیں۔ دوسری وہ گیسیں ہیں جن پر اس طریقے سے خواہ کتنا ہی دباؤ ڈالا جائے وہ مائع حالت میں منتقل نہیں ہو سکتیں۔ اس وجہ سے اس نے اس دوسری قسم کی گیسوں کو **مستقل گیسوں** (Permanent gases) کا درجہ دیا جو اس کے خیال کے مطابق مائع بننے کے ناقابل تھیں۔ فاراڈے کی اس تقسیم کے مطابق کاربن ڈائی اوکسائڈ؛ امونیا، ہائیڈروکلورک ایسڈ گیس، سلفر ڈائی اوکسائڈ اور ہائیڈروجن سلفائڈ، یہ تمام گیسیں پہلی قسم میں یعنی

مائع پذیر (Liquefiable) گیسوں میں داخل تھیں اور آکسیجن ، نائٹروجن ، ہوا اور ہائیڈروجن دوسری قسم یعنی مستقل (-Perma nent) گیسوں میں شامل تھیں ۔

فاراڈے کی اس تحقیق کے قریباً چالیس برس بعد اینڈریوز (Andrews) نے اپنے تاریخی تجربات کیے جن کا تفصیلی تذکرہ پچھلے باب میں کیا جا چکا ہے ۔ ان تجربوں کے نتیجے میں اس نے گیسوں کے متعلق یہ قابل قدر بات معلوم کی کہ **ہر گیس کا ایک فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) ہوتا ہے ۔ اگر گیس کا ٹمپریچر اس کے فاصل ٹمپریچر سے زیادہ ہو تو پھر اس پر خواہ کتنا ہی دباؤ ڈالا جائے اسے مائع حالت میں تبدیل نہیں کیا جا سکتا ۔ لیکن اگر کسی گیس کا ٹمپریچر اس کے اصل ٹمپریچر سے کم کر دیا جائے تو پھر اس پر مناسب درجے کا بھاری دباؤ ڈال کر اُسے مائع بنایا جا سکتا ہے ۔** اینڈریوز کی تحقیق کے مطابق آکسیجن ، نائٹروجن ، ہوا اور ہائیڈروجن محض اس وجہ سے فارا ڈے کے طریقے سے مائع نہ بن سکی تھیں کیونکہ ان کے فاصل ٹمپریچر بہت نیچے تھے اور فارا ڈے ان گیسوں کو اتنا ٹھنڈا نہ کر سکا تھا جس سے ان کا ٹمپریچر آن کے فاصل ٹمپریچر سے کم ہو جاتا ۔ اینڈریوز کی اس تحقیق کے بعد **مستقل گیسوں** (Permanent gases) اور **مائع پذیر گیسوں** (Liquefiable gases) کا **امتیاز اُٹھ گیا** اور سائنس دانوں کو پتہ چل گیا کہ بنیادی طور پر کوئی گیس بھی ان معنوں میں مستقل (Permanent) نہیں ہے کہ اُسے مائع نہ بنایا جا سکے۔

جب سائنس دانوں کو یہ یقین ہو گیا کہ نام نہاد مستقل گیسوں کو مائع بنانا ناممکن نہیں ہے تو انہوں نے ان گیسوں کو مائع حالت میں تبدیل کرنے کے لیے از سر نو کوششیں شروع کر دیں ۔ اب کی بار انہوں نے محض اندھیرے میں تیر پھینکنے سے اجتناب کیا اور اپنی کوششوں کو سائنسی بنیادوں پر ترتیب دیا ۔ انہوں نے پہلے ان مستقل گیسوں مثلاً آکسیجن ، نائٹروجن ، ہوا اور ہائیڈروجن پر تجربات کر کے آن کے فاصل ٹمپریچروں (Cirtical temperatures)

کا اندازہ لگایا اور پھر ان گیسوں کو اس طور سے ٹھنڈا کرنے کی سعی کی جن سے ان کا ٹمپریچر فاصل ٹمپریچر سے نیچے گر جائے ۔ اس درست طریقے کو اختیار کرنے کا نتیجہ یہ نکلا کہ رفتہ رفتہ تمام مستقل گیسوں کو مائع حالت میں تبدیل کرنے میں سائنس دانوں کو کامیابی حاصل ہو گئی ۔ چنانچہ 1877ء میں (یعنی اینڈریوز کے تجربے کے پندرہ سال بعد) سوئٹزرلینڈ کے ایک سائنس دان پکتے (Pictet) نے آکسیجن گیس کو مائع حالت میں تبدیل کر دیا اور اسی طرح نام نہاد مستقل گیسوں کے مائع پذیر (Liquefiable) نہ ہونے کا طلسم توڑ دیا ۔ اسی سال فرانس کے ایک سائنس دان کائی لیتے (Cailletet) نے بھی اپنے طور پر آکسیجن کو مائع بنانے میں کامیابی حاصل کی ۔

1883ء میں پولینڈ کے دو سائنس دانوں وروب لیوسکی (Wrob-lewski) اور اول زیوسکی (Olszewski) نے نائٹروجن کو مائع حالت میں تبدیل کیا اور دو سال بعد 1885ء میں انھوں نے ہوا کو مائع بنانے میں کامیابی حاصل کی ۔

مستقل گیسوں میں سے آکسیجن ، نائٹروجن اور ہوا کو مائع بنانے کے بعد اب ھائیڈروجن کی باری تھی ۔ سائنس دانوں نے وھی طریقے ، جن کے ذریعے وہ آکسیجن ، نائٹروجن اور ھوا کو مائع بنا چکے تھے ، ھائیڈروجن پر بھی آزمائے ، مگر ابتدا میں وہ اسے مائع بنانے میں ناکام رہے ۔ آخر کار 1898ء میں سکاٹ لینڈ کے سائنس دان ڈی وار (Dewar) نے ھائیڈروجن کو مائع بنا کر اپنے ھم عصر سائنس دانوں پر سبقت حاصل کی ۔

اگلے سال 1899ء میں اس نے مائع ھائیڈروجن کے ایک حصے کو تبخیر کر کے باقی حصے کو ٹھوس ھائیڈروجن میں بھی تبدیل کر لیا ۔

مستقل گیسوں میں اب ھیلئیم (Helium) ایسی گیس رہ گئی تھی جو مائع نہیں بنی تھی ۔ اس ضمن میں ڈی وار (Dewar) اور اول زیوسکی (Olszewski) کی تمام مساعی ناکام ہو ہو جاتی تھیں ۔ انھیں سالوں میں ھالینڈ کے ایک سائنس دان کیمرلنگ اونز

(Kamerling Onnes) نے اس معاملے کو اپنے ہاتھ میں لیا اور دس برس کی محنت شاقہ کے بعد اس نے 1908ء میں ہیلئیم کو بھی مائع حالت میں تبدیل کر لیا۔ گیسوں کو مائع بنانے میں یہ آخری قلعہ تھا جو اس کے ہاتھوں سر ہوا۔

اونز نے ہیلئیم کو مائع بنانے کے بعد اسے ٹھوس حالت میں تبدیل کرنے کی بہت کوشش کی مگر اس کام میں وہ کامیاب نہ ہو سکا۔ لیڈن کی تجربہ گاہ میں ، جہاں وہ اس تحقیق میں مصروف رہا تھا ، اس کا ایک نائب کیسم (Keesum) تھا جس نے اس کام کو جاری رکھا اور 1926ء میں اونز کی وفات کے چند ماہ بعد اس نے مائع ہیلئیم کو ٹھوس ہیلئیم میں تبدیل کر کے اس سلسلے کا آخری کارنامہ سرانجام دیا۔

گیسوں کو مائع بنانے کی اس مختصر تاریخ کے بعد اب ہم ان آلات اور ان اعمال کی تشریح کرتے ہیں جنھیں مختلف سائنس دانوں نے اس مقصد کے لیے استعمال کیا۔

گیسوں کو مائع بنانے کا اصول ۔گیسوں کو مائع بنانے کے طریقوں اور ان میں استعمال ہونے والے آلات کی تشریح کرنے سے پہلے ہم ان اصولوں کی وضاحت کرتے ہیں جن پر مختلف طریقے مبنی ہیں۔

محض دباؤ ڈالنا۔ کلورین سلفر ، ڈائی اوکسائڈ ، میتھل کلورائڈ اور امونیا وغیرہ کے فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) تجربہ گاہ کے عام ٹمپریچروں سے بہت اونچے ہوتے ہیں۔ چنانچہ کلورین کا فاصل ٹمپریچر 144°C ہے۔ سلفر ڈائی اوکسائڈ کا فاصل ٹمپریچر 157°C ہے۔ میتھل کلورائڈ (Methyl chloride) کا فاصل ٹمپریچر 143°C ہے اور امونیا کا فاصل ٹمپریچر 132°C ہے اس لیے ان گیسوں کو مائع بنانے کے لیے ان کو ابتدا میں ٹھنڈا کرنا ضروری نہیں ہوتا۔ بلکہ جب وہ عام ٹمپریچر پر ہی ہوں تو ان پر بھاری دباؤ ڈالنے سے انھیں مائع حالت میں تبدیل کیا جا سکتا ہے۔

کاربن ڈائی اوکسائڈ بھی آسانی سے مائع بننے والی انھیں گیسوں کی صف میں شامل ہے۔ مگر اس کا فاصل ٹمپریچر 31°C ہے جو تجربہ گاہ

کے عام ٹمپریچروں سے کبھی آونچا اور کبھی نیچا ہو سکتا ہے ۔ اس لیے کاربن ڈائی اوکسائڈ کو مائع بنانے کے لیے اس کو ٹھنڈا کرنا مناسب اور بعض صورتوں میں ضروری ہو جاتا ہے ۔ ایتھلین (Ethylene) کا فاصل ٹمپریچر 9°C ہے اس لیے ایتھلین کو ابتدا میں ٹھنڈا کرنا ضروری ہوتا ہے ۔

سلسلہ وار عمل (Cascade process) ۔ اس عمل میں سب سے پہلے ایک ایسی گیس لی جاتی ہے جو محض دباؤ ڈالنے سے مائع بن جائے۔ اس مائع کو ایک برتن میں لے جا کر وہاں تخفیف شدہ (Reduced) دباؤ کے ماتحت جزوی طور پر تبخیر ہونے دیا جاتا ہے ، جس سے باقی ماندہ مائع کا ٹمپریچر بہت زیادہ گر جاتا ہے ۔ اس مائع کے اندر ایک نلی موجود ہوتی ہے جس کے اندر دوسری گیس بھری ہوتی ہے ۔ جب یہ دوسری گیس اس نیچے ٹمپریچر تک (جو اس کے فاصل ٹمپریچر سے کم ہوتا ہے) ٹھنڈی ہو چکتی ہے تو اس پر دباؤ ڈال کر اسے مائع حالت میں تبدیل کر لیا جاتا ہے ۔ اس کے بعد یہ سلسلہ آگے دوہرایا جاتا ہے یہاں تک کہ اصل گیس (جو اس سلسلے میں بالعموم چوتھی یا پانچویں گیس ہوتی ہے) مائع بن جاتی ہے ۔ چونکہ اس طریقے میں ایک گیس کے بعد دوسری گیس اور دوسری گیس کے بعد تیسری گیس ٹھنڈی ہو کر سلسلے وار مائع بنتی ہے اس لیے اس عمل کو **سلسلہ وار سردکاری** (Cascade refrigeration) کا نام دیا جاتا ہے ۔ یہ عمل پکتے (Pictet) کا ایجاد کردہ ہے جس نے پہلے پہل اسی سلسلے وار عمل (Cascade process) سے آکسیجن گیس کو مائع بنایا تھا ۔

اس عمل میں مائع بنائے جانے والی گیس کے ٹمپریچر کو بالآخر اس کے فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) سے نیچے تک ٹھنڈا کرنا ضروری ہوتا ہے ۔ چونکہ ہائیڈروجن کا فاصل ٹمپریچر 240°C – اور ہیلیئم کا فاصل ٹمپریچر 268°C – ہے اور یہ ٹمپریچر اتنے نیچے ہیں کہ کسی اور گیس کو مائع حالت میں تبدیل کرنے کے بعد تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر کرنے سے اتنے نیچے ٹمپریچر پیدا نہیں کیے جا سکتے ۔

اس وجہ سے سلسلہ وار عمل (Cascade process) کے ذریعے ہائیڈروجن اور ہیلئیم کو مائع نہیں بنایا جا سکتا -

۳ - جاؤل کیلون اثر (Joule kelvin effect) کا عملی استعمال -
جاؤل (Joule) اور کیلون (Kelvin) نے اپنے تاریخی تجربے کے ذریعے (جو مسام دار پلگ کا تجربہ (Porous plug experiment) کہلاتا ہے اور جس کی تفصیل پچھلے باب میں گزر چکی ہے) ثابت کیا کہ جب کسی گیس کو بھاری دباؤ کے ماتحت ایک چھوٹے سے روزن (Orifice) میں سے گزار کر پھیلنے دیا جائے تو گیس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے - اسے **جاؤل کیلون اثر** (Joule Kelvin effect) کہتے ہیں - اس اثر کے عملی استعمال سے بھی گیس کو مائع بنانے میں مدد لی جاتی ہے ، جس کی صورت یہ ہے کہ گیس کو ، جو ایک برتن میں بھاری دباؤ کے ماتحت محصور ہوتی ہے ، پہلے اتنا ٹھنڈا کیا جاتا ہے جس سے اس کا ٹمپریچر اس کے آلٹاؤ کے ٹمپریچر (Temperature of inversion) سے کم ہو جائے - اس کے بعد اس گیس کو ایک باریک ٹونٹی یعنی نوزل (Nozzle) میں سے گزرنے دیا جاتا ہے جس سے اس کا ٹمپریچر کئی درجے گر جاتا ہے - اس عمل کو بار بار دہرایا جاتا ہے اور ہر بار دہرانے پر گیس کا ٹمپریچر کئی درجے گرتا جاتا ہے یہاں تک کہ گیس مائع حالت میں منتقل ہو جاتی ہے - اس طریقے کے فوائد حسب ذیل ہیں :

۱ - تمام مستقل گیسوں کا فاصل ٹمپریچر (Critical tempera-ture) ان کے آلٹاؤ کے ٹمپریچر (Temperature of inversion) سے بہت نیچا ہوتا ہے - اس لیے کسی گیس کو اس کے آلٹاؤ کے ٹمپریچر کے نیچے تک ٹھنڈا کرنا اسے فاصل ٹمپریچر سے نیچے تک ٹھنڈا کرنے کی نسبت بہت زیادہ آسان ہوتا ہے - مثلاً ہائیڈروجن کا آلٹاؤ کا ٹمپریچر $-80°C$ ہے مگر اس کا فاصل ٹمپریچر $-240°C$ ہے - اب ظاہر ہے کہ اس کو $-80°C$ کے نیچے تک ٹھنڈا کرنا اسے $-240°C$ سے نیچے تک ٹھنڈا کرنے کی نسبت بہت آسان ہے -

۲ - ان آلات میں ، جو جاؤل کیلون کے اثر پر مبنی ہیں ، کوئی

حرکت کرنے والے پسٹن نہیں ہوتے اور اس لیے نیچے ٹمپریچروں پر ان پسٹنوں کے جام (Jam) ہو جانے کا اندیشہ نہیں ہوتا ۔

۳ - جاؤل کیلون اثر سے ٹمپریچر کا جو گراؤ (Drop) فی کرہ ہوائی پیدا ہوتا ہے ، اس کا انحصار گیس کے ابتدائی ٹمپریچر پر ہے - چنانچہ جب یہ ٹمپریچر کم ہو تو یہ گراؤ زیادہ ہو جاتا ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ جب ایک بار جاؤل کیلون اثر سے گیس کا ٹمپریچر گرتا ہے تو دوسری بار اسی اثر کے ماتحت یہ گراؤ پہلے سے زیادہ ہوتا ہے - اس طرح ہر بار اس اثر کا عملی اطلاق کرنے پر ٹمپریچر کے گراؤ کی شرح بڑھتی جاتی ہے -

جاؤل کیلون اثر کے عملی اطلاق سے ہائیڈروجن اور ہیلیئم جیسی گیسیں بھی مائع بنائی جا چکی ہیں جو سلسلہ وار عمل (Cascade process) سے مائع نہیں بن سکتی تھیں -

گیس کو حرارت ناگزار طریقے سے پھیلا کر مائع بنانا - جب گیس کو بھاری دباؤ کے ماتحت جمع کرکے پہلے اسے ٹھنڈا کیا جاتا ہے اور پھر اس کے دباؤ کو اچانک کم کرکے اسے حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) پھیلنے دیا جاتا ہے تو اس عمل میں اس کی اندرونی توانائی صرف ہوتی ہے جس سے اس کا ٹمپریچر اتنا گر جاتا ہے جو اس کو مائع بنانے کے لیے کافی ہوتا ہے - 1877ء میں کائی لیتے (Cailletet) نے اس طریقے سے آکسیجن کو مائع میں منتقل کیا - اس نے ایک مضبوط باریک نلی کے اندر آکسیجن گیس کو 300 کرہ ہوائی کے بھاری دباؤ کے ماتحت بند کیا - پھر اس نلی کو مائع سلفر ڈائی اوکسائڈ کے ذریعے جو تخفیف شدہ (Reduced) دباؤ کے ماتحت تبخیر ہو کر شدت کی ٹھنڈک پیدا کر رہی تھی ، اتنا ٹھنڈا کیا کہ اس کے اندر آکسیجن گیس کا ٹمپریچر $-29°C$ تک گر گیا - اب اس نے اچانک اس دباؤ کو ہٹا دیا تو آکسیجن گیس بڑے زور سے حرارت ناگزار طور پر (Adiabatically) پھیلی ، جس سے مائع آکسیجن کے ننھے ننھے قطرے دھند کی صورت میں نمودار ہو گئے -

پکٹے (Pictet) نے بھی سلسلہ وار عمل (Cascade process) سے آکسیجن کو مائع بنانے میں کامیاب ہونے کے بعد اس دوسرے طریقے کو آزمایا ۔ اس نے آکسیجن کو 500 کرہ ہوائی کے بہت بھاری دباؤ کے ماتحت ایک نلی میں بند کیا ۔ اس کو مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ کی مدد سے جو تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہو رہی تھی ، 130°C— تک ٹھنڈا کیا اور پھر اچانک اس دباؤ کو گھٹا دیا تو نہ صرف آکسیجن مائع بن کر ننھے ننھے قطروں میں تبدیل ہو گئی بلکہ یہ قطرے منجمد ہو کر ٹھوس ذروں میں تبدیل ہو گئے ۔ 1884ء میں وروبلیوسکی (Wroblewski) نے اس طریقے سے ھائیڈروجن کی دھند حاصل کی اور 1893ء میں اس کے ساتھی اول زیوسکی (Olszewski) نے اسی طریقے سے ھائیڈروجن کی کافی مقدار کو مائع بنانے میں کامیابی حاصل کی ۔ یہ طریقہ نسبتاً سادہ ہے مگر اس میں بڑی خامی یہ ہے کہ اس کا ایک متواتر سلسلہ قائم نہیں ہوتا ۔ اس خامی کو دور کرنے کے لیے ایک سائنس دان کلاڈ (Claude) نے اس طریقے کو جاؤل کیلون اثر کے ساتھ ملا کر ایک نیا طریقہ ایجاد کیا جو **کلاڈ کا طریقہ** (Claude's process) کہلاتا ہے ۔

کلاڈ کا عمل (Claude's process) ۔ اس عمل کی پوری تفصیل تو بعد میں آئے گی ، یہاں اتنا ہی بیان کرنا کافی ہے کہ اس عمل میں گیس کو حرارت گزار طریقے سے (Adiabatically) پھیلا کر اسے بیرونی کام کرنے دیا جاتا ہے جس کے دوران میں گیس اپنے آپ پر دباؤ ڈالنے والے پسٹن کو بھی خود حرکت دیتی ہے اور اس کام میں اپنی توانائی کا ایک حصہ صرف کرتی ہے ۔ اس سے اس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے ۔ اس کے ساتھ ہی اس پر جاؤل کیلون اثر بھی ہونے دیا جاتا ہے ۔ ان دونوں عملوں کو متعدد بار دھرائے جانے پر وہ گیس بالآخر مائع بن جاتی ہے ۔

کلاڈ کے عمل کا خاص فائدہ یہ ہے کہ اس میں گیس کے ٹھنڈا ہونے کی شرح بہت بڑھی ہوتی ہے ۔ کیونکہ ایک تو اس عمل میں گیس

کو حرارت ناگزار طریقے پر پھیل کر بیرونی کام کرنا پڑتا ہے جس سے وہ ٹھنڈی ہوتی ہے ۔ دوسرے اس عمل میں جاؤل کیلون اثر کے عملی اطلاق سے اس کا ٹمپریچر مزید نیچے گر جاتا ہے ۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ اس طریقے سے گیس کو مائع بنانے میں وقت نسبتاً بہت کم صرف ہوتا ہے ۔

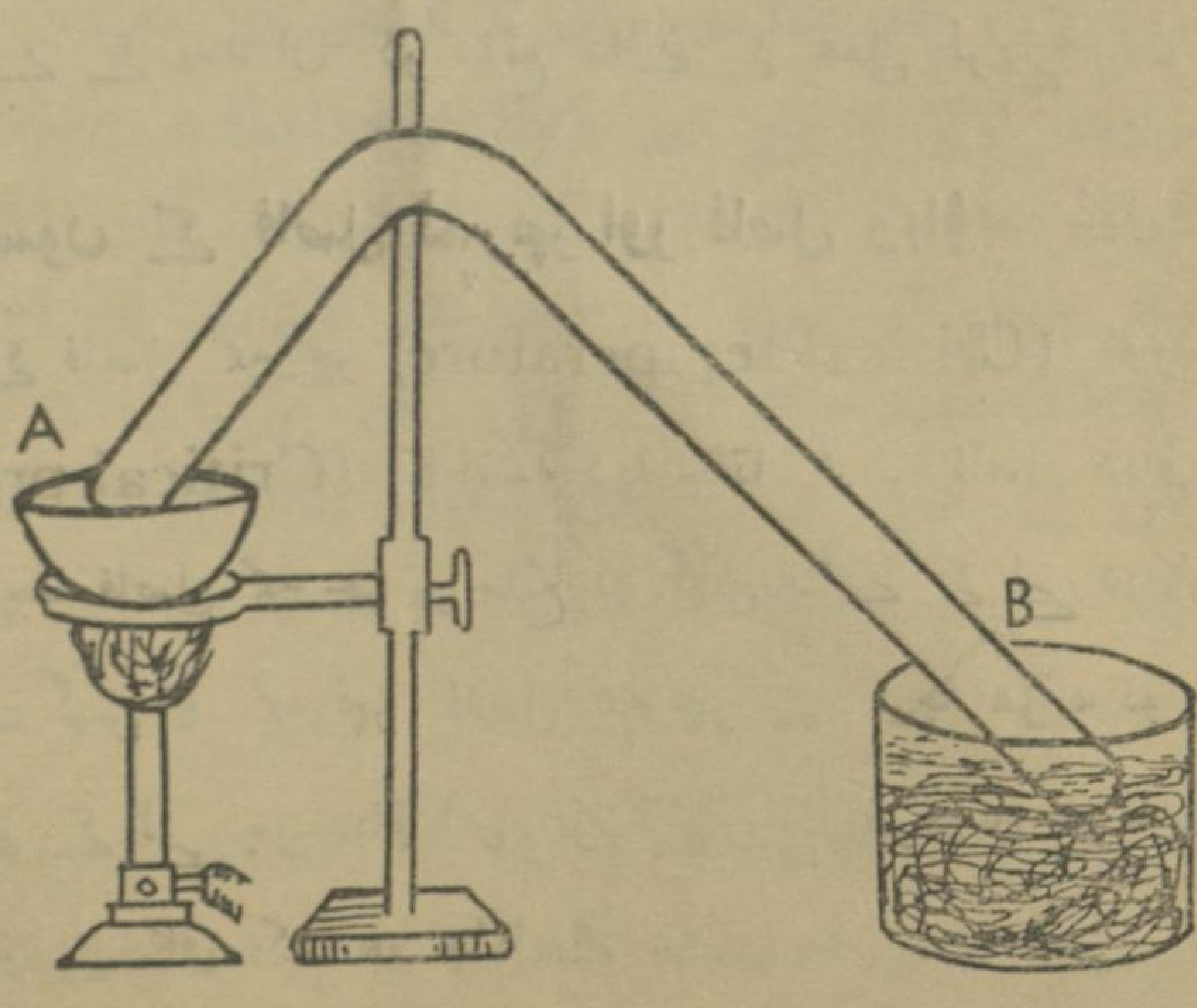
موجودہ زمانے میں گیسوں کو مائع بنانا محض ایک سائنسی تجربہ نہیں رہا بلکہ ایک صنعت بن گیا ہے ، جس میں مختلف گیسوں کو تجارتی پیمانے پر مائع حالت میں منتقل کیا جاتا ہے اور پھر ان مائعات سے بہت سے مفید اور کارآمد کام لیے جاتے ہیں ۔ اس صنعت میں سادہ طریقوں کے مقابلے میں مرکب طریقوں کو جن میں مختلف اصولوں کا بہ یک وقت اطلاق ہوتا ہے، ہمیشہ ترجیح دی جاتی ہے ۔ کیونکہ ان پر لاگت محنت اور خرچ نسبتاً کم آتا ہے اور تھوڑے وقت میں کافی گیس مائع حالت میں تبدیل ہو کر دستیاب ہو جاتی ہے ۔

اب ہم مشہور گیسوں کے فاصل ٹمپریچر اور فاصل دباؤ کا نقشہ درج کرنے کے بعد ان کو مائع بنانے کے عملی طریقے بیان کرتے ہیں ۔

گیسوں کے فاصل ٹمپریچر اور فاصل دباؤ ۔ ذیل میں مشہور گیسوں کے فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) اور فاصل دباؤ (Critical pressure) کا نقشہ دیا جاتا ہے ۔ فاصل دباؤ سے وہ دباؤ مراد ہے جو فاصل ٹمپریچر پر مائع کو گیس بنانے کے لیے درکار ہوتا ہے ۔ لیکن جب گیس کا ٹمپریچر فاصل ٹمپریچر سے نیچا ہو ، تو پھر اس کو مائع بنانے کے لیے جو دباؤ اس پر ڈالا جانا ضروری ہوتا ہے ، وہ اس فاصل دباؤ سے کافی کم ہو جاتا ہے ۔

گیس	فاصل ٹمپریچر (°C میں)	فاصل دباؤ (کرہ ہوائی میں)
سلفر ڈائی اوکسائڈ	157°C	78
کلورین	144°C	76
امونیا	132°C	112
کاربن ڈائی اوکسائڈ	31°C	73
آکسیجن	−119°C	50
ہوا	−141°C	37
نائٹروجن	−147°C	33
ھائیڈروجن	−240°C	13
ہیلیئم	−268°C	2·3

کلورین کو مائع بنانے کا فاراڈے کا طریقه - اس مقصد کے لیے فاراڈے (Faraday) نے جو آله استعمال کیا ، وہ شیشے کی ایک مضبوط نلی، پر مشتمل تھا جو درمیان سے کسی قدر خمیدہ تھی - اس کے بائیں حصے A میں کلورین ھائیڈریٹ (Chlorine hydrate) کے کچھ کرسٹل ڈال دیے گئے اور پھر نلی کو دونوں طرف کامل طور پر بند کر دیا گیا - کلورین ھائیدریٹ کلورین کا ایک غیر مستحکم (Unstable) مرکب ہے جس کو گرم کرنے پر بڑی مقدار میں کلورین گیس حاصل ہو جاتی ہے۔



اب بائیں حصے A کو تو حرارت پہنچائی گئی اور دائیں حصے B کو انجمادی آمیزے (Freezing mixture) میں رکھ دیا گیا - بائیں حصے A کو گرم کرنے سے کلورین ہائیڈریٹ میں سے کلورین گیس نکلتی گئی اور پوری نلی میں بھرتی گئی جس سے رفتہ رفتہ اس کا دباؤ بڑھتا گیا اور ساتھ ساتھ انجمادی آمیزے سے اس کا ٹمپریچر بھی کم ہوتا گیا - اس کا اثر یہ ہوا کہ تھوڑے عرصے کے بعد کلورین گیس اپنے ہی دباؤ کے ماتحت مائع حالت میں منتقل ہو گئی اور مائع کلورین جو تیل کی طرح کا مائع تھا ، نلی کے دوسرے گوشے B کے اندر جمع ہو گیا -

کاربن ڈائی اوکسائڈ کو مائع بنانا - کاربن ڈائی اوکسائڈ کو پہلی مرتبہ تو فاراڈے ہی نے مائع بنایا تھا - اس کے کچھ عرصہ بعد ایک اور سائنس دان تھرلوریر (Thirlorior) نے اس کے طریقے میں معمولی سی ترمیمیں کرکے کاربن ڈائی اوکسائڈ کو مائع حالت میں حاصل کیا - اس گیس کا فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) +31°C ہے - یہ ٹمپریچر کرہ ہوائی کے عام ٹمپریچر سے زیادہ بھی ہوسکتا ہے اور کم بھی - اگر کرہ ہوائی کا ٹمپریچر اس فاصل ٹمپریچر (31°C) سے زیادہ ہو تو گیس کو ٹھنڈا کرنا لازمی ہو جاتا ہے ، لیکن اگر کرہ ہوائی کا ٹمپریچر 31°C سے کم ہو تو پھر گیس کو اصولاً تو ٹھنڈا کرنے کی ضرورت باقی نہیں رہتی لیکن اس کو ٹھنڈا کرنا بہ ہر صورت عملی طور پر بہتر ہی ہوتا ہے - اس لیے گیس کے سلنڈر کو برف کے پانی سے ٹھنڈا رکھا جاتا ہے - تھرلوریر (Thirlorior) نے کاربن ڈائی اوکسائڈ گیس کو تانبے کے ایک مضبوط سلنڈر میں جس کے اندر سیسے کا استر لگا ہوا تھا ، سوڈیم بائی کاربونیٹ (Sodium bicarbonate) پر گندھک کے تیزاب یعنی سلفیورک ایسڈ (Sulphuric acid) کے عمل سے تیار کیا - اس سلنڈر میں جو گیس اس طور سے بنی اسے تانبے کی نلی کے ذریعے ایک سلنڈر میں جسے پہلے سے ٹھنڈا کر لیا گیا تھا ، منتقل کیا گیا جہاں وہ اپنے ہی دباؤ کے ماتحت مائع حالت میں تبدیل ہوگئی -

مذکورہ بالا طریقے سے ان تمام گیسوں کو جن کے فاصل ٹمپریچر عام ٹمپریچر سے اونچے ہوتے ہیں ، مائع بنایا جا سکتا ہے ۔ کلورین اور کاربن ڈائی اوکسائڈ کے علاوہ جن کا ذکر اوپر ہو چکا ہے ، امونیا اور سلفر ڈائی اوکسائڈ گیسیں اس صف میں شامل ہیں ۔

مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ کے استعمال ۔ مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ آج کل ایک تجارتی جنس بن گئی ہے اس لیے اس کی تیاری بڑے پیمانے پر کی جاتی ہے ۔ اس کے بڑے بڑے استعمال یہ ہیں :

۱ ۔ اسے تجربہ گاہوں میں سرد ٹمپریچر پیدا کرنے کے لیے کام میں لایا جاتا ہے ۔

۲ ۔ اسے آگ بجھانے والے آلے (Fire estinguisher) میں استعمال کیا جاتا ہے ۔ یوں تو اس قسم کے عام آلے میں کاربن ڈائی اوکسائڈ گیس ہی بھاری دباؤ کے ماتحت بھری ہوتی ہے ، لیکن اگر اس آلے میں گیس کی بجائے مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ کو بھر دیا جائے تو اس آلے کی کارکردگی بہت بڑھ جاتی ہے ۔

۳ ۔ جب کسی شے کے ایک حصے کو بہت مضبوطی کے ساتھ دوسرے حصے پر چڑھانا ہو تو اس کی ایک صورت تو یہ ہوتی ہے کہ بیرونی حصے کو سخت گرم کیا جائے جس سے وہ کسی قدر پھیل جائے اور پھر اس کو اندرونی حصے پر چڑھا دیا جائے ۔ اس طرح جب یہ بیرونی حصہ ٹھنڈا ہو کر سکڑتا ہے تو وہ اندرونی حصے کو مضبوطی سے جکڑ لیتا ہے ۔ لیکن اس مقصد کے لیے ایک اور طریقہ بھی برتا جاتا ہے اس طریقے کے مطابق اندرونی حصے کو مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ میں ڈبو دیا جاتا ہے جس سے وہ سکڑ جاتا ہے ۔ اس حالت میں اسے بیرونی حصے کے اندر داخل کر دیا جاتا ہے ۔ جب یہ اندرونی حصہ اس ٹھنڈے ٹمپریچر سے عام ٹمپریچر پر آتا ہے تو وہ پھیلتا ہے اور اس طرح بیرونی حصے کے اندر سختی سے پھنس جاتا ہے ۔

مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ کو ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ میں تبدیل کرنا ۔ جب مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ کو تبخیر ہونے دیا جاتا

ہے تو وہ باقی ماندہ مائع سے حرارت جذب کرتی ہے جس کے نتیجہ میں یہ باقی ماندہ مائع ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ میں تبدیل ہو جاتا ہے۔ ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ کو خشک برف (Dry ice) کا بھی نام دیا جاتا ہے۔

ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ کے استعمال - ۱- ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ یعنی خشک برف کی مخفی حرارت بہت زیادہ ہوتی ہے اس لیے جب یہ ٹھوس سے مائع اور مائع سے گیسی حالت میں منتقل ہوتی ہے تو یہ ارد گرد کی اشیا سے کثیر مقدار میں حرارت جذب کر کے اُن کو ٹھنڈا کر دیتی ہے۔ اس وجہ سے تجربہ گاہوں میں اس کا استعمال ٹھنڈک پیدا کرنے کے لیے کیا جاتا ہے۔

۲ - ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ یعنی خشک برف پانی کی برف سے 1.7 گنا زیادہ بھاری ہوتی ہے۔ اس لیے یہ پانی کی برف سے کم جگہ گھیرتی ہے۔ اس وجہ سے بھی ٹھنڈک پیدا کرنے والی اشیا میں اس کو عام برف پر ترجیح حاصل ہے۔

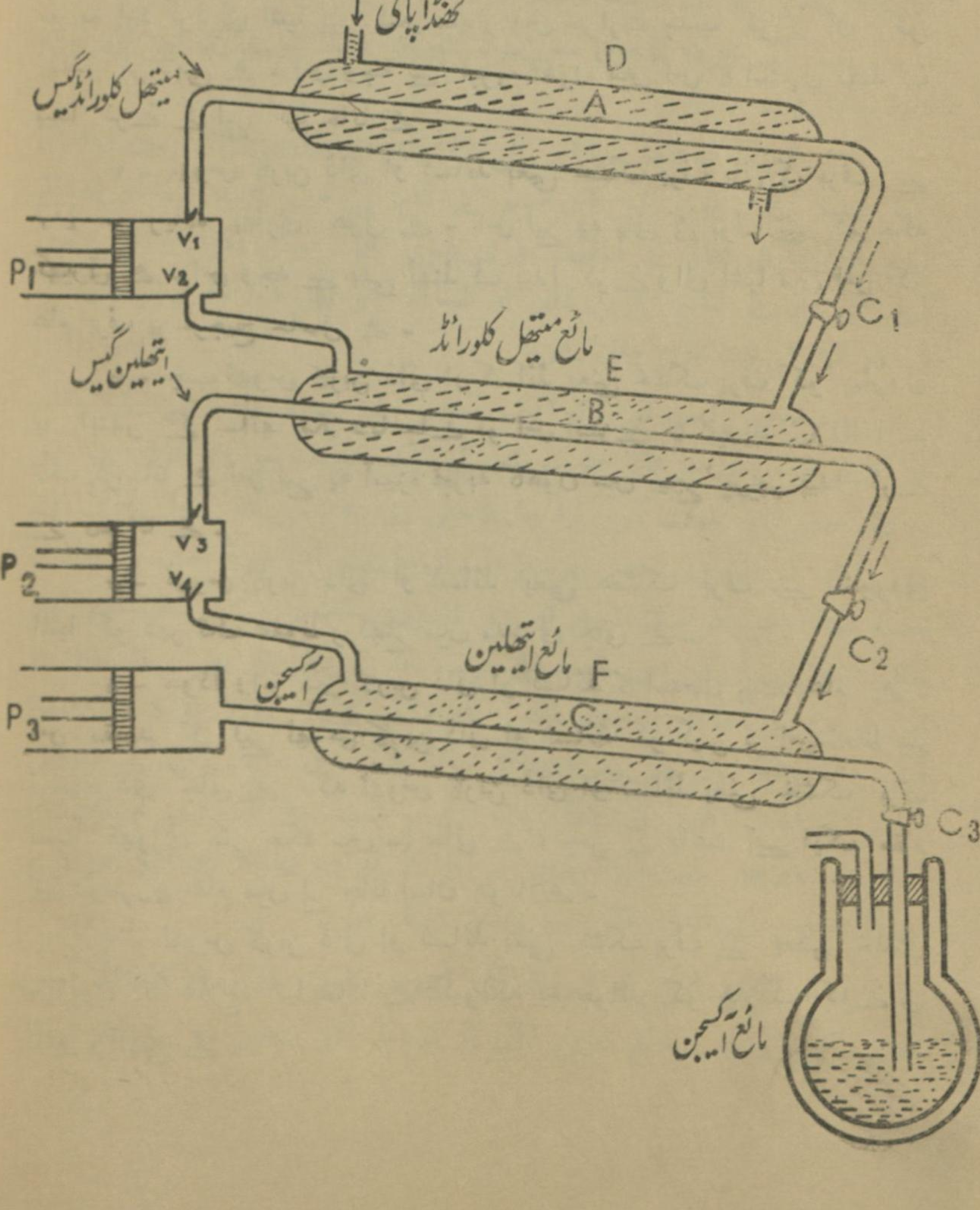
۳ - جب ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ یعنی خشک برف کو پیٹرول یا ایتھر کے ساتھ ملا دیا جائے تو اس آمیزے کا ٹمپریچر 100°C – تک گر جاتا ہے اس لیے یہ آمیزہ تجربہ گاہوں میں نیچے ٹمپریچر پیدا کرنے کے کام آتا ہے۔

۴ - ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ یعنی خشک برف سے خوردنی اشیا کو دیر تک محفوظ رکھنے میں مدد لی جاتی ہے۔

۵ - سوڈا واٹر میں کاربن ڈائی اوکسائڈ کا استعمال بہت عام ہے۔ اس مقصد کے لیے ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ کو گیس پر اس لحاظ سے ترجیح دی جاتی ہے کہ ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ یعنی خشک برف نسبتاً تھوڑی سی جگہ میں سما جاتی ہے، جس کے باعث آسے ایک مقام سے دوسرے مقام میں لے جانا آسان ہوتا ہے۔

۶ - ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ یعنی خشک برف سے بعض جلدی بیماریوں کا علاج کیا جاتا ہے کیونکہ یہ جراثیم کو ہلاک کرنے کی تاثیر رکھتی ہے۔

آکسیجن کو مائع بنانے کا پکٹے (Pictet) کا سلسلہ وار طریقہ
(Cascade process) - آکسیجن کو مائع بنانے کے اس طریقے میں جسے پہلے پہل فرانس کے سائنس دان پکٹے (Pictet) نے استعمال کیا تھا، ابتدا میتھل کلورائڈ (Methyl chloride) سے کی جاتی ہے - اس گیس کا فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) بہت اونچا یعنی 143°C ہے - عام ٹمپریچر پر یہ گیس محض چھ سات کرہ ہوائی کا دباؤ ڈالنے سے مائع صورت میں منتقل ہو جاتی ہے - چنانچہ اس گیس کو پمپ P_1 کے



دبانے سے پہلی نلی A میں بھر دیا جاتا ہے ۔ اس پمپ کا سلسلہ اوپر سے نلی A اور نیچے سے ایک کھلے سلنڈر E کے ساتھ ملا ہوا ہوتا ہے۔ نلی A جس جگہ پر پمپ کے ساتھ پیوست ہوتی ہے ، وہاں ایک والو V_1 (Valve) لگا ہوتا ہے جو پمپ سے نلی میں کھلتا ہے ۔ اس نیچے کی نلی کے منہ پر بھی ایک والو (Valve) V_2 لگا ہوتا ہے جو نلی سے پمپ کے اندر کھلتا ہے ۔ جب پمپ P_1 کو اندر دبایا جاتا ہے تو والو V_1 کھل جاتا ہے اور والو V_2 بند ہو جاتا ہے ۔ اس لیے گیس والو V_1 میں ہوتی ہوئی نلی A میں آ جاتی ہے ۔ پھر چونکہ ٹیپ (Tap) C_1 بند ہوتا ہے اس لیے یہ گیس اس نلی کے اندر محصور ہو جاتی ہے اور اپنے ہی دباؤ کے ماتحت مائع میتھل کلورائڈ میں تبدیل ہوجاتی ہے ۔ سلنڈر D میں جو نلی A کے گرد ہوتا ہے ، ٹھنڈا پانی متواتر بہتا رہتا ہے جو اس مائع کی حرارت کو جو دباؤ کے ماتحت پیدا ہوتی ہے ، جذب کر لیتا ہے ۔ اب ٹیپ (Tap) C_1 کو کھول دیا جاتا ہے اور مائع میتھل کلورائڈ اس میں سے بہتی ہوئی نیچے کے سلنڈر E میں بھر جاتی ہے ۔ جب پمپ P_1 کے پسٹن کو باہر کھینچا جاتا ہے تو والو V_1 بند ہوجاتا ہے اور والو V_2 کھل جاتا ہے ، جس پر سلنڈر E میں سے مائع میتھل کلورائڈ تخفیف شدہ (Reduced) دباؤ کے ماتحت تبخیر ہوتی ہے اور اس کے بخارات گیسی حالت میں والو V_2 سے نکل کر پمپ P_1 میں بھر جاتے ہیں ۔ اس تبخیر سے باقی ماندہ مائع میتھل کلورائڈ کا ٹمپریچر گر کر $-24°C$ کو پہنچ جاتا ہے ۔ یہ مائع نلی B کو اس درجہ تک ٹھنڈا کر دینے کا کام کرتا ہے ۔

ادھر پمپ P_2 کے اندر ایتھلین (Ethylene) گیس بھری ہوتی ہے ۔ جس کا فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) $10°C$ ہے ۔ جب پمپ P_2 کے پسٹن کو اندر کی طرف دبایا جاتا ہے تو اوپر کے والو V_3 میں سے ہوتی ہوئی یہ گیس نلی B میں آ جاتی ہے اور ٹیپ (Tap) C_2 کے بند ہونے کے باعث نلی کے اندر بھاری دباؤ کے ماتحت محصور ہو جاتی ہے ۔ چونکہ نلی B کے گرد مائع میتھل کلورائڈ بہت نیچے کے ٹمپریچر یعنی تقریباً $-24°C$ پر موجود ہوتا ہے اس لیے وہ نلی B کے اندر کی

ایتھلین گیس کو بہت ٹھنڈا کر دیتا ہے ۔ دباؤ تو اس کا پہلے ہی بڑھا ہوتا ہے ۔ یہ ٹھنڈک لگنے سے وہ فوراً مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی ہے ۔ اب ٹیپ C_2 کو کھول دیا جاتا ہے جس سے یہ مائع ایتھلین اس اس میں سے بہتی ہوئی سلنڈر F میں بھر جاتی ہے ۔ جب پمپ P_2 کے پسٹن کو باہر کھینچا جاتا ہے تو اس کا اوپر کا والو V_3 بند ہو جاتا ہے اور نیچے کا والو V_4 کھل جاتا ہے ، جس پر سلنڈر F میں سے مائع ایتھلین تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہوتی ہے اور اس کے بخارات گیسی حالت میں والو V_4 میں سے نکل کر پمپ P_2 میں بھر جاتے ہیں ۔ اس تبخیر سے باقی ماندہ مائع ایتھلین کا ٹمپریچر گر کر $-169°C$ تک پہنچ جاتا ہے اور یہ مائع ایتھلین نلی C کو اس درجے تک ٹھنڈا کر دیتی ہے ۔ پمپ P_3 کے ذریعے اس نلی میں آکسیجن گیس آ رہی ہوتی ہے جس کا ٹمپریچر $-169°C$ تک گر جاتا ہے جو اس کے فاصل ٹمپریچر $-119°C$ سے 50 درجے نیچے ہے ۔ اس لیے آکسیجن بھاری دباؤ کے ماتحت جو نلی میں محصور ہونے کے باعث اس پر پڑ رہا ہوتا ہے ، مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی ہے ۔ اس وقت ٹیپ (Tap) C_3 کو کھول کر اس مائع آکسیجن کو ڈیوار فلاسک (Dewar flask) میں بھر لیا جاتا ہے ۔

سلسلہ وار طریقے (Cascade process) **سے نائٹروجن کو مائع بنانا** ۔ اوپر کے طریقے سے نائٹروجن کو مائع بنانے کے لیے ایک چوتھی نلی اور چوتھے پمپ کا استعمال کیا جاتا ہے ۔ چنانچہ جب آکسیجن مائع بن جاتی ہے تو اسے چوتھی نلی کے بیرونی سلنڈر میں گزارا جاتا ہے جہاں وہ تخفیف شدہ دباؤ کے تحت تبخیر ہوتی ہے ۔ اس تبخیر سے باقی ماندہ آکسیجن کا ٹمپریچر $-218°C$ تک گر جاتا ہے ۔ یہ مائع آکسیجن اس چوتھی نلی کو اسی درجے تک ٹھنڈا کر دیتی ہے جس سے اس کے اندر کی نائٹروجن کا ٹمپریچر بھی $-218°C$ کے لگ بھگ ہو جاتا ہے جو اس کے فاصل ٹمپریچر $-147°C$ سے بہت نیچے ہے ۔ اس نائٹروجن کے $-218°C$ تک ٹھنڈا ہو چکنے کے ساتھ ساتھ جب اس پر بھاری دباؤ پڑتا ہے تو وہ مائع نائٹروجن میں تبدیل ہو جاتی ہے ۔

سلسلہ وار طریقے (Cascade process) **سے ہوا کو مائع بنانا** - آوپر کے طریقے کو سلسلہ بہ سلسلہ دھرایا جاتا ہے اور آخر میں نائٹروجن کی بجائے ہوا کو چوتھی نلی میں گزارا جاتا ہے - ہوا کا فاصل ٹمپریچر نائٹروجن سے ذرا سا اونچا یعنی 141°C - ہے ، جب کہ نائٹروجن کا فاصل ٹمپریچر 147°C - ہے - اس لیے جن حالات میں نائٹروجن مائع بنتی ہے انھیں حالات میں ہوا بھی مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی ہے -

سلسلہ وار طریقے (Cascade Process) **کی خامیاں** - سلسلہ وار طریقے (Cascade process) میں مندرجہ ذیل خامیاں پائی جاتی ہیں -

۱ - یہ ایک پیچیدہ عمل ہے -

۲ - اس میں وقت زیادہ لگتا ہے -

۳ - اس میں ہر گیس کو اس کے فاصل ٹمپریچر سے نیچے تک ٹھنڈا کرنا پڑتا ہے -

۴ - اس طریقے سے ہائیڈورجن اور ہیلئیم گیس کو مائع نہیں بنایا جا سکتا کیونکہ ہائیڈروجن اور ہیلئیم کے فاصل ٹمپریچر بہت نیچے ہیں اور ایسی کوئی گیس نہیں ہے جو مائع حالت میں تبخیر ہو کر ان گیسوں کو ان کے فاصل ٹمپریچروں سے نیچے تک ٹھنڈا کر دے -

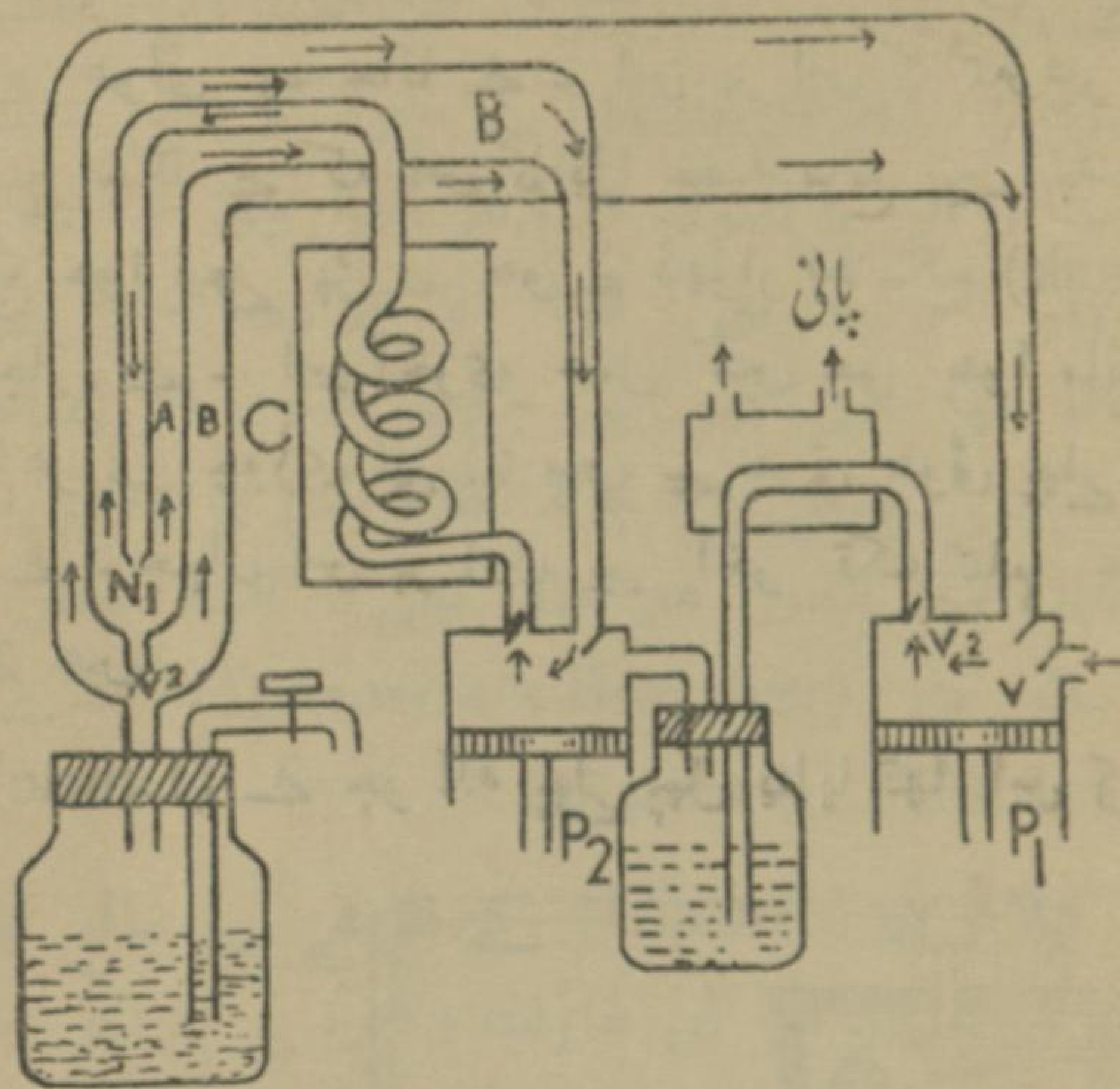
ہوا کو مائع بنا کر آکسیجن اور نائٹروجن کو الگ الگ کرنا - جب ہوا کو مائع بنانے کے بعد اس مائع کو نیچے کے ٹمپریچر پر کشید کیا جاتا ہے تو اس کے پہلے جزو میں نائٹروجن کی کثرت ہوتی ہے ور دوسرے جزو کا بیشتر حصہ آکسیجن پر مشتمل ہوتا ہے - جب ان دونوں جزوں کو علیحدہ علیحدہ مائع بنا کر دوبارہ اور سہ بارہ کشید کیا جاتا ہے تو بالآخر ایک جزو خالص نائٹروجن کا اور دوسرا جزو خالص آکسیجن کا رہ جاتا ہے - متعدد بار کشید کرنے کے اس عمل کو **کسری کشید** (Factorial distillation) کہتے ہیں - آج کل آکسیجن جو تجارتی پیمانے پر فروخت ہوتی ہے ، اسی طریقے سے ہوا سے حاصل کی جاتی ہے -

ھوا کو لنڈے کے طریقے (Linde's method) سے مائع بنانا ۔

اس طریقے میں جو آلہ استعمال ھوتا ھے آسے لنڈے (Linde) کا ھوائی مائع ساز (Air liquefier) کہتے ھیں ۔ اس آلے میں P_1 اور P_2 دو پمپ ھیں جن میں سے ھر پمپ کے اندر دو دو نلیاں کھلتی ھیں اور ھر نلی کے دھانے پر ایک والو لگا ھوا ھے جو موقع اور کام کی مناسبت سے کسی نلی میں باھر کو اور کسی نلی میں اندر کو کھلتا ھے ۔ جب پمپ P_1 کے پسٹن کو باھر کی طرف کھینچا جاتا ھے تو کرہ ھوائی کی ھوا اندر کھلنے والے والو V_1 میں سے پمپ میں آتی ھے ۔ جب اس کے پسٹن کو اندر دبایا جاتا ھے تو یہ ھوا والو V_2 کو کھول کر اس سے ملحقہ نلی میں گزرتی ھے ۔ اس نلی کا درمیانی حصہ ٹھنڈے پانی کے باتھ میں ڈوبا ھوتا ھے ، جس کے باعث یہ ھوا ٹھنڈی ھو جاتی ھے ۔ اب اس ھوا کو باری باری تین بوتلوں میں سے گزارا جاتا ھے جن کے اندر بالترتیب کاسٹک پوٹاش (Caustic potash) ، کیلسیم کلورائڈ (Calcium chloride) اور فاسفورس پینٹ اوکسائڈ (Phosphorus pentoxide) بھرے ھوتے ھیں (شکل کو سادہ تر بنانے کی غرض سے اس میں تین کی بجائے صرف ایک بوتل دکھائی گئی ھے) ۔ ان اشیا میں سے گزر کر ھوا کے اندر جو کاربن ڈائی اوکسائڈ اور آبی بخارات موجود ھوتے ھیں ، وہ ان اشیا میں جذب ھو کر رہ جاتے ھیں اور ھوا خالص ھو جاتی ھے ۔ ایسا کرنا نہایت ضروری ھے کیونکہ اگر ھوا میں کاربن ڈائی اوکسائڈ یا آبی بخارات موجود ھوں تو جب اس کو ٹھنڈک پہنچتی تو یہ دونوں اشیا بہت پہلے نہ صرف مائع بلکہ ٹھوس حالت میں تبدیل ھو جاتی ھیں اور آلے کی مختلف نلیوں کو بند کر کے اس کا چلنا روک دیتی ھے ۔

خالص ھوا کو اب پمپ P_2 میں داخل کیا جاتا ھے ۔ جب اس پمپ کے پسٹن کو اندر کی طرف دھکیلا جاتا ھے ، تو یہ ھوا 200 کرہ ھوائی کے بھاری دباؤ کے ماتحت ایک پیچ دار لچھے (Spiral coil) میں سے ھوتی ھوئی باریک نلی میں آتی ھے ۔ پیچ دار لچھا منجمد کرنے والے آمیزے (Freezing mixture) میں ڈوبا ھوا ھوتا ھے جس کے

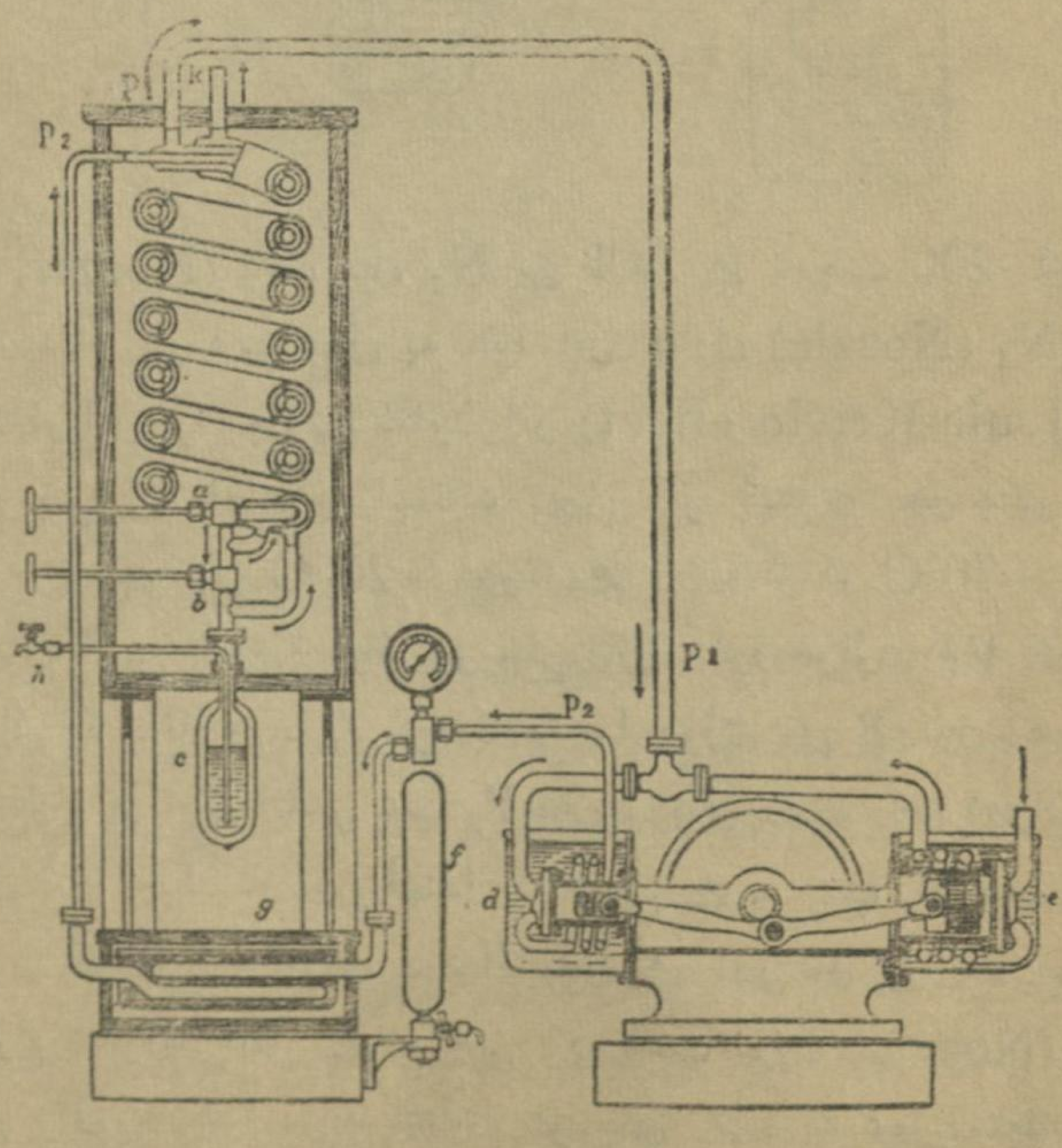
باعث اس ھوا کا ٹمپریچر 20°C— تک گر جاتا ھے - نلی A کے سرے پر ایک نوک دار سوراخ ھوتا ھے جس کو نوزل (Nozzle) کہتے ھیں -



یہ نوزل (Nozzle) شکل میں N_1 سے ظاھر ھے - جب 200 کرہ ھوائی کے بھاری دباؤ سے دبی ھوئی یہ ھوا اس نوزل (Nozzle) N_1 میں سے نکلتی ھے تو اس پر جاؤل کیلون اثر (Joule Kelvin effect) عمل کرتا ھے جس کے ماتحت وہ اچانک پھیل کر ٹھنڈی ھو جاتی ھے اور اس کا ٹمپریچر جو پہلے 20°C— ھوتا ھے ، اب گر کر 70°C— ھو جاتا ھے - علاوہ ازیں اس کا دباؤ جو پہلے 200 کرہ ھوائی ھوتا ھے اب 20 کرہ ھوائی رہ جاتا ھے - یہ سرد شدہ ھوا چوڑی نلی B میں ھوتی ھوئی اوپر چڑھتی ھے اور بالآخر پمپ P_2 میں آ جاتی ھے - اس دوران میں وہ نلی A کی تازہ ھوا کو بھی ٹھنڈا کر دیتی ھے - پمپ P_2 میں پہنچ کر پھر اس پر 200 کرہ ھوائی کا دباؤ پڑتا ھے اور اس کے بعد پہلا عمل پوری طرح دھرایا جاتا ھے ، جس کے باعث نوزل (Nozzle) N_1 میں سے نکلنے والی یہ ھوا مزید ٹھنڈی ھو جاتی ھے - یہ عمل متعدد بار کیا جاتا ھے ، یہاں تک کہ گیس کا ٹمپریچر اس حد تک گر جاتا ھے جتنا اگلے عمل کے لیے ضروری ھوتا ھے - اس اگلے عمل میں جب نوزل

N_1 (Nozzle) میں سے نکلنے والی یہ ٹھنڈی ہوا قریباً 20 کرہ ہوائی دباؤ کے ماتحت ہوتی ہے تو نیچے کے نوزل N_2 کو کھول دیا جاتا ہے۔ اس وقت وہ دوبارہ جاؤل کیلون اثر کے ماتحت پھیلتی ہے اور اس کا دباؤ ایک کرہ ہوائی رہ جاتا ہے۔ اس پر اس کا ٹمپریچر مزید گر کر اس حد تک پہنچ جاتا ہے کہ اس کا بڑا حصہ مائع میں تبدیل ہو جاتا ہے اور یہ مائع ہوا نیچے پڑے ہوئے ڈیوار فلاسک (Dewar flask) میں جمع ہو جاتی ہے۔ اس آخری عمل میں جو ہوا مائع بننے سے رہ جاتی ہے وہ باہر کی چوڑی نلی C میں سے ہوتی ہوئی پہلے پمپ P_1 میں واپس آ جاتی ہے۔ جہاں اس پر اول سے آخر تک تمام عمل از سر نو دہرائے جاتے ہیں۔

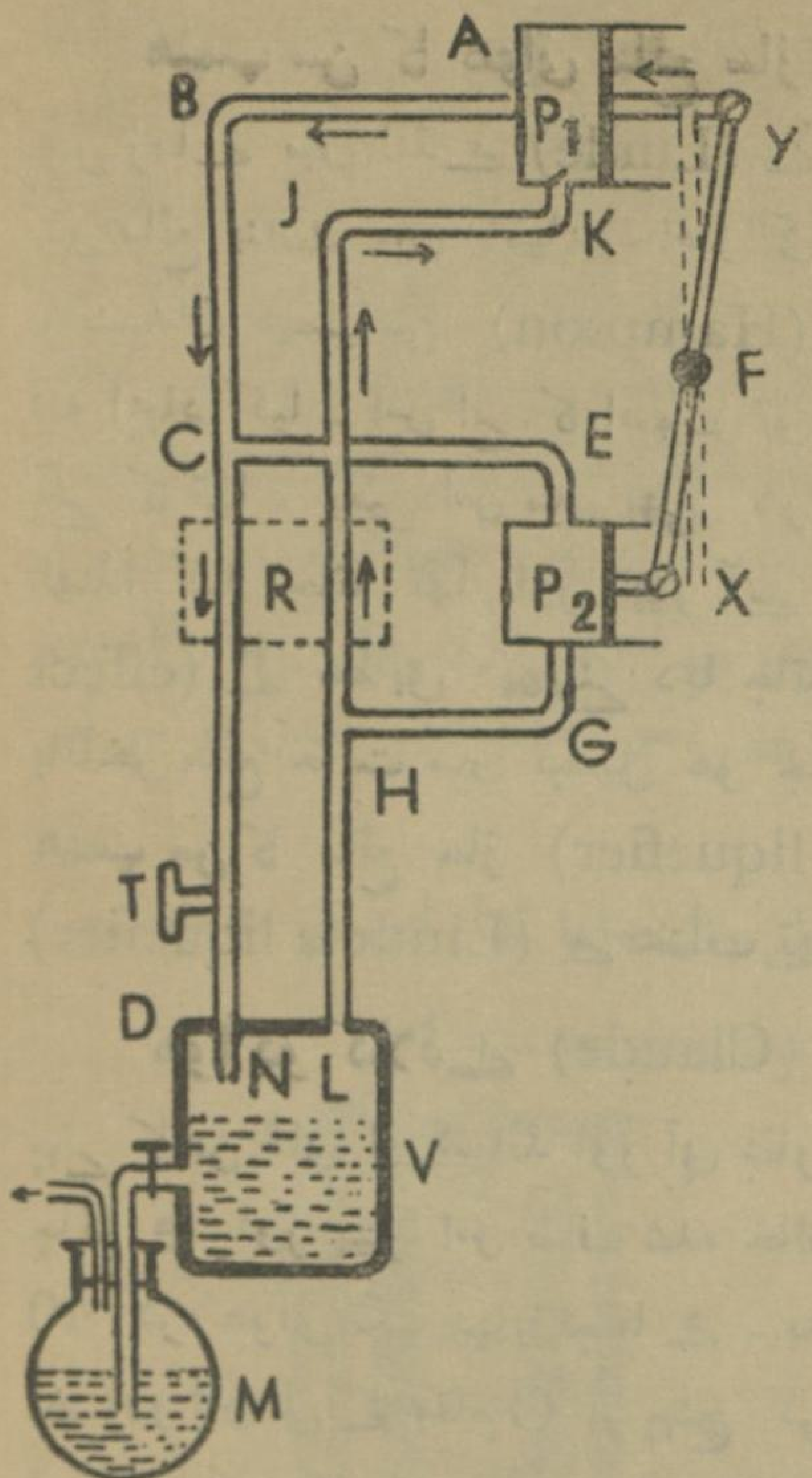
لنڈے (Linde) نے جو آلہ پہلے پہل بنایا تھا اس کی شکل نیچے



دی گئی ہے۔ اس آلے کے پمپ 3 ہارس پاور کے انجن سے چلتے تھے اور یہ آلہ ایک گھنٹے میں قریباً ایک لیٹر (Litre) مائع ہوا پیدا کر دیتا تھا۔

ہیمپ سن کا ہوائی مائع ساز (Hampson's air liquefier) -
جس زمانے میں لنڈے (Linde) نے جرمنی میں اپنے خاص آلے سے ہوا کو مائع بنانے میں کامیابی حاصل کی ، اسی عہد میں انگلستان میں ایک سائنسدان ہیمپ سن (Hampson) نے ہوا کو مائع بنانے کا اپنا الگ آلہ ایجاد کیا - اس آلے کا اصول تو وہی تھا جو لنڈے (Linde) کے آلے کا تھا ، یعنی اس میں بھی ہوا کو بھاری دباؤ کے ماتحت پہلے ٹھنڈا کیا جاتا تھا اور پھر اسے جاؤل کیلون اثر (Joule Kelvin effect) کے مطابق پھیلنے دیا جاتا تھا ، جس پر وہ مزید سرد ہو کر بالآخر مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی تھی - البتہ بعض جزیات میں ہیمپ سن کا مائع ساز (Hampson's liquefier) لنڈے کے مائع ساز (Linde's liquefier) سے مختلف تھا -

ہوا کو کلاڈے (Claude) کے طریقے سے مائع بنانا - ہوا کو پہلے کاربن ڈائی اوکسائڈ اور آبی بخارات وغیرہ سے بالکل صاف کر لیا جاتا ہے اور پھر اس صاف شدہ خالص ہوا کو ایک پمپ P_1 کے ذریعے 40 کرہ ہوائی تک دبایا جاتا ہے - یہ ہوا ایک نلی ABC میں سے گزرتی ہے اور اس نلی کے مقام C پر پہنچ کر دو حصوں میں منقسم ہو جاتی ہے- اس ہوا کا بیشتر حصہ (جو اس کے قریباً 80 فی صدی کے برابر ہوتا ہے) ایک طرفی نلی (side tube) CE میں ہوتا ہوا دوسرے پمپ P_2 میں آتا ہے - یہاں یہ ہوا اس پمپ پر کام کرتی ہے اور اسے باہر دھکیلتے ہوئے خود پھیلتی ہے - اس کا یہ پھیلاؤ حرارت ناگزار (Adiab atic) ہوتا ہے جس سے وہ ٹھنڈی ہو جاتی ہے - جب ہوا کے پھیلنے سے پمپ P_2 کا پسٹن پیچھے کو ہٹتا ہے تو لیور XF کے ذریعے جس کا نصاب (Fulcrum) F پر ہوتا ہے یہ پہلے پمپ P_1 کے پسٹن کو اندر دھکیل کر اسے چلانے میں معاونت کرتا ہے - P_2 کے اندر کی سرد شدہ ہوا اب نلی GH میں آتی ہے اور H پر پہنچ کر اوپر کا راستہ HJ طے کرتی ہے - اس راستے میں اسے حرارتی تبادلہ گر (Heat exchanger) R میں سے گزرنا پڑتا ہے - جہاں وہ BCD نلی میں آنے والی ہوا کو ٹھنڈا کرتی ہے اور خود نلی JK میں سے ہوتی ہوئی پمپ P_1 میں چلی جاتی ہے -



ہوا کا جو حصہ CD نلی میں نیچے آتا ہے اس کو نوزل N میں سے گزرنے دیا جاتا ہے جس کے باعث اس پر جاؤل کیلون اثر ہوتا ہے جو اس کے ٹمپریچر کو کافی گرا دیتا ہے ۔ یہ سرد ہوا بھی نلی LHJ میں اوپر چڑھتی ہے اور P_2 سے آئی ہوئی سرد ہوا کے ساتھ مل جاتی ہے ۔ یہاں سے مجموعی طور پر یہ سرد ہوا نلی JK میں سے ہوتی ہوئی پمپ P_1 میں آتی ہے جہاں اس پر پہلے کا سا پورا عمل از سر نو دھرایا جاتا ہے ۔ اس طرح ہوا پر بار بار یہ پورا عمل ہونے سے اس کا ٹمپریچر گرتا گرتا آخر کار اس حد تک پہنچ جاتا ہے کہ جب اس پر جاؤل کیلون اثر ہوتا ہے تو وہ مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی ہے ۔ اس مائع کو برتن V میں اکٹھا ہونے دیا جاتا ہے اور جب اس کی مقدار یہاں کافی ہو جاتی ہے تو اسے ڈیوار فلاسک (Dewar flask) M میں بھر لیا جاتا ہے ۔

ڈیوار کے طریقے (Dewar's method) سے ہائیڈروجن کو مائع بنانا ۔ ہائیڈروجن کا فاصل ٹمپریچر $-240°C$ ہے اس لیے اگر سلسلہ وار عمل (Cascade process) کے مطابق اس کو ٹھنڈا کرنے کے بعد بھاری دباؤ ڈال کر مائع بنانا مقصود ہو تو اس کے ٹمپریچر کو فاصل ٹمپریچر $-240°C$ سے نیچے تک ٹھنڈا کرنا ضروری ہوتا ہے ۔ مگر ایسی کوئی گیس نہیں ہے جس کو مائع حالت میں تبخیر کر کے

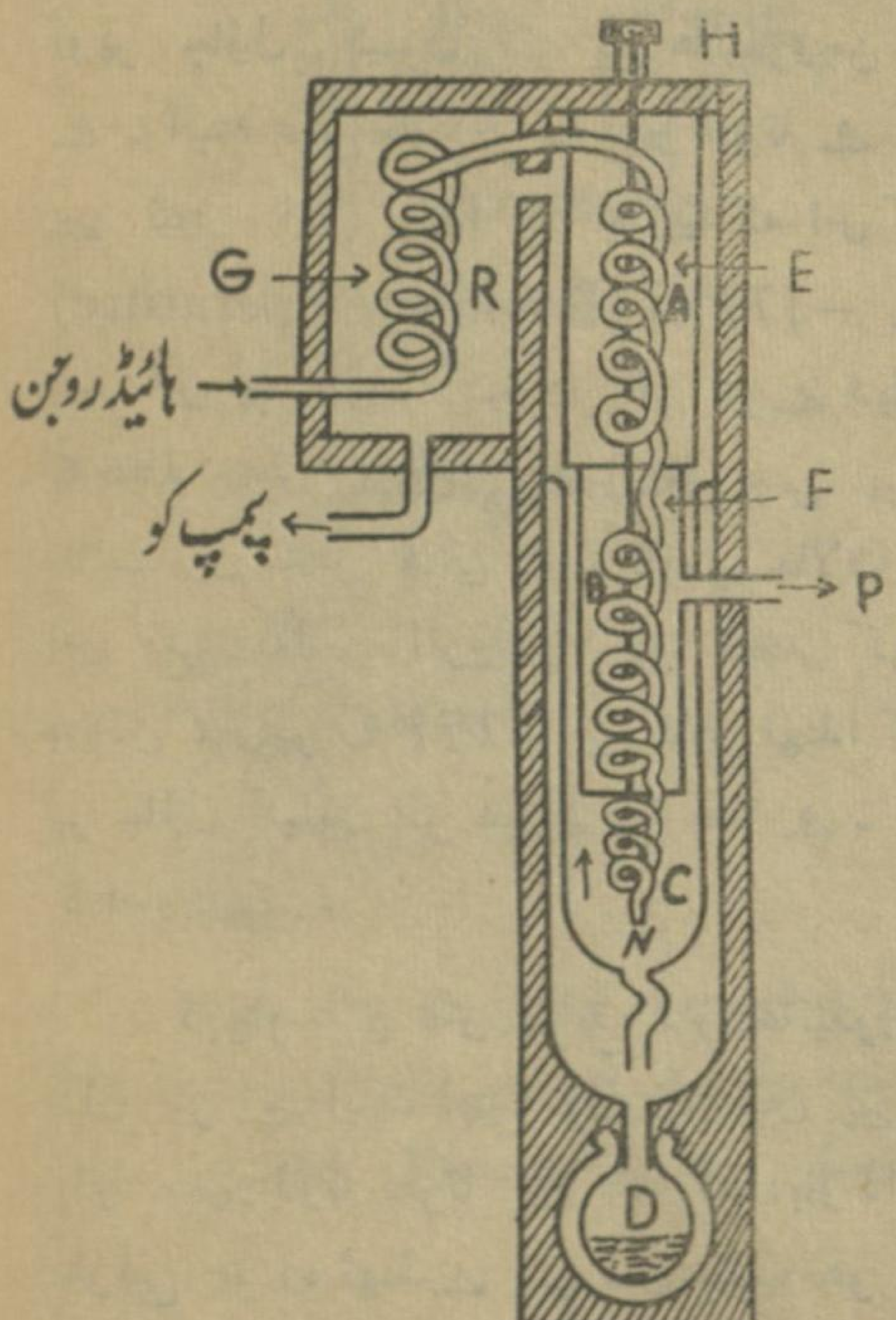
240°C– سے نیچے کا ٹمپریچر پیدا کیا جا سکے - اس وجہ سے سلسلہ وار عمل (Cascade process) سے ھائیڈروجن کو مائع بنانا نا ممکن ھے - البتہ اس بارے میں جاؤل کیلون اثر (Joule Kelvin effect) سے مدد لی جا سکتی ھے - مگر اس کے لیے بھی ضروری ھے کہ ھائیڈروجن کو 80°C– سے نیچے تک ٹھنڈا کیا جائے کیونکہ ھائیڈروجن کا اُلٹاؤ کا ٹمپریچر (Temperature of inversion) 80°C– ھے اور اس کے اوپر جاؤل کیلون اثر سے ھائیڈروجن کا ٹمپریچر گھٹنے کی بجائے بڑھتا ھے - البتہ عملی طور پر یہ بہتر ھوتا ھے کہ ھائیڈروجن کو 80°C– سے نیچے اتنا ٹھنڈا کیا جائے کہ اس کا ٹمپریچر اس کے بوائل ٹمپریچر (Boyle's temperature) 177°C– سے بھی نیچے ھو جائے - اس کے بعد اس پر جاؤل کیلون اثر ھونے دیا جائے - چونکہ مائع نائٹروجن کا نقطۂ جوش (Boiling point) جس پر وہ مائع سے دوبارہ گیسی حالت میں منتقل ھوتی ھے ، نارمل حالات میں 190°C– ھوتا ھے ، اس لیے مائع نائٹروجن کو تبخیر کرنے سے ھائیڈروجن کو اس کے بوائل ٹمپریچر 177°C– سے نیچے ٹھنڈا کیا جا سکتا ھے - اس کے بعد اس پر جاؤل کیلون اثر ھونے دیا جاتا ھے - یہ ڈیوار (Dewar) کے طریقے کا اصول ھے -

ڈیوار کے اس طریقے میں ھائیڈروجن پر 150 کرہ ھوائی کا دباؤ ڈال کر اسے ایک لچھے (Coil) میں سے گزارا جاتا ھے جو ٹھنڈے پانی میں ڈوبا ھوتا ھے تا کہ دباؤ ڈالنے سے اس میں جو حرارت پیدا ھوگئی ھو وہ ٹھنڈے پانی میں جذب ھو کر دور ھو جائے - علاوہ ازیں اس کو کاسٹک پوٹاش اور کیلسیم کلورائڈ وغیرہ میں سے بھی پہلے گزار لیا جاتا ھے تا کہ اس میں سے کاربن ڈائی او کسائڈ یا آبی بخارات کی آلائشیں مکمل طور پر دور ھو جائیں - شکل میں ڈیوار کے آلے (Dewar appa-ratus) کے یہ حصے نہیں دکھائے گئے ھیں

خالص اور خشک ھائیڈروجن کو جو بھاری دباؤ کے ماتحت اس طور سے حاصل ھوتی ھے ، ایک لچھے R میں گزرنے دیا جاتا ھے - یہ

لچھا ایک خانے G میں رکھا ہوتا ہے جو باہر نکلتی ہوئی ہائیڈروجن سے (جس کا ذکر آئے گا) ٹھنڈا ہوتا رہتا ہے۔ یہ باہر نکلتی ہوئی ہائیڈروجن وہ ہے جو مائع ہائیڈروجن بننے کے بعد گیسی حالت میں باقی بچ جاتی ہے۔ اس کا ٹمپریچر قریباً $-170°C$ ہوتا ہے۔

لچھے R میں سے گزرنے کے بعد زیر تجربہ ہائیڈروجن دوسرے لچھے A میں آتی ہے جو خانے E میں ہوتا ہے۔ اس خانے میں مائع ہوا بھری ہوتی ہے جو ہائیڈروجن کو ٹھنڈا کر دیتی ہے۔ لچھے A میں سے یہ ہائیڈروجن لچھے B میں آتی ہے جو ایک اور خانے F میں موجود ہوتا ہے۔ اس خانے میں بھی مائع ہوا ہوتی ہے جو تخفیف شدہ (Reduced) دباؤ کے ماتحت تبخیر ہو کر گیسی صورت میں بدلتی ہے اور بہت زیادہ ٹھنڈک پیدا کرتی ہے۔ تخفیف شدہ دباؤ پیدا کرنے کے لیے اس خانے سے ایک نلی P باہر نکلتی ہے جسے ایک ہوا پمپ (Air pump) کے ساتھ جوڑ دیا جاتا ہے۔



چنانچہ جب یہ ہوا پمپ چلتا ہے تو خانے کے اندر قریباً 10 سنٹی میٹر کا تخفیف شدہ دباؤ پیدا کر دیتا ہے جس میں مائع ہوا کا تبخیر ہونے لگتا ہے۔ اس عمل سے اتنی زیادہ ٹھنڈک پیدا ہوتی ہے کہ لچھے B کی ہائیڈروجن کا ٹمپریچر $-200°C$ تک گر جاتا ہے۔ اب یہ ہائیڈروجن تیسرے لچھے C میں آتی ہے جس کے نیچے کے سرے پر ایک نوزل

(Nozzle) N موجود ہوتا ہے ۔ اس نوزل کے منہ پر ایک والو (Valve) ہوتا ہے جس کا سلسلہ ایک لمبی سلاخ کے ذریعے باہر کے ایک دستے H کے ساتھ ملا رہتا ہے ۔ چنانچہ اس دستے کو گھمانے سے نوزل کے منہ کو کھولا یا بند کیا جا سکتا ہے ۔ عام حالات میں یہ منہ بند ہی رہتا ہے ، لیکن جب مذکورہ بالا تفصیل کے مطابق 200°C − تک سرد شدہ ہائیڈروجن بھاری دباؤ کے ماتحت لچھے C میں آتی ہے تو نوزل (Nozzle) N کے منہ کو کھول دیا جاتا ہے جس سے یہ گیس اچانک پھیلتی ہے اور اس پر جاؤل کیلون اثر (Joule Kelvin effect) ہو جاتا ہے ۔ اس کے نتیجے میں ہائیڈروجن گیس مزید ٹھنڈک لگنے سے مائع حالت میں منتقل ہو جاتی ہے ، جسے نیچے رکھے ہوئے ڈیوار فلاسک (Dewar flask) میں جمع کر لیا جاتا ہے ۔ اس عمل کے بعد جو ہائیڈروجن مائع بننے سے رہ جاتی ہے وہ اوپر چڑھتی ہوئی پہلے خانے G میں آتی ہے اور وہاں تازہ ہائیڈروجن کو ، جو مائع بننے کے لیے اندر آ رہی ہوتی ہے ، ٹھنڈا کرنے کے کام آتی ہے ۔

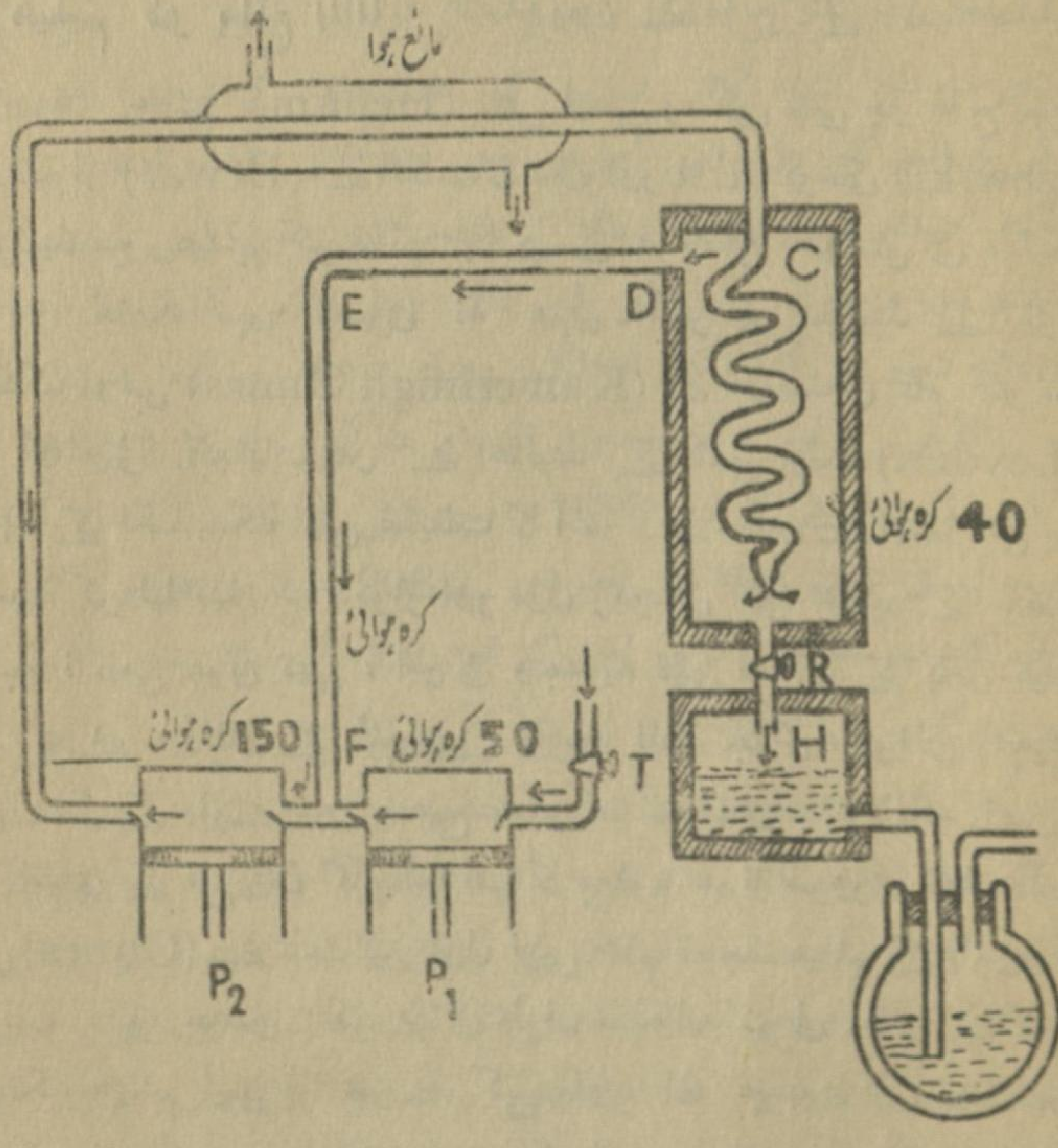
ہائیڈروجن کو مائع سے ٹھوس بنانا ۔ ڈیوار نے ہائیڈروجن کو مائع بنانے کے ایک سال بعد اس مائع کو منجمد کرنے یعنی ٹھوس حالت میں تبدیل کرنے میں بھی کامیابی حاصل کی ۔ اس کا طریقہ یہ تھا ۔ مائع ہائیڈروجن کو ، جس کا نقطۂ جوش نارمل حالات میں 253°C − ہوتا ہے ، ایک دوہری دیواروں والی تھرموس نلی (Thermos tube) میں ڈالا گیا اور اس تھرموس نلی کو ایک اور برتن میں ، جس کے اندر بھی مائع ہائیڈروجن بھری ہوئی تھی ، رکھ دیا گیا ۔ اس کے بعد تھرموس نلی کے اندر کا دباؤ اتنا کم کیا گیا کہ وہ 10 ملی میٹر رہ گیا جس پر اس کے اندر کی مائع ہائیڈروجن تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہونے لگ گئی اور باقی ماندہ مائع ہائیڈروجن کا ٹمپریچر اور زیادہ گرنے لگا ۔ پہلے پہل تو ڈیوار (Dewar) کو اپنے تجربے میں ناکامی ہوئی ۔ کیونکہ اگرچہ مائع ہائیڈروجن کی تبخیر سے باقی ماندہ مائع ہائیڈروجن کا ٹمپریچر 259°C − سے بھی نیچے تک گر چکا تھا جو ہائیڈروجن کا نقطۂ انجماد (Freezing point) ہے ، لیکن پھر بھی

ڈیوار کو مائع ھائیڈروجن کے ٹھوس بننے کے کچھ آثار تھرموس نلی کے اندر نظر نہ آئے ۔ حقیقت یہ ھے کہ ھائیڈروجن کے بے حد خالص اور مصفی ہونے کے باعث اس میں بالا سرد شدگی (Super cooling) کا عمل شروع ہو گیا تھا ۔ جس کے ماتحت کوئی شے جو مائع ھو ، اپنے نقطۂ انجماد سے نیچے تک سرد ھونے کے باوجود بھی مائع حالت ھی میں رھتی ھے ۔ البتہ جب ڈیوار (Dewar) نے عام ھوا کی نہایت خفیف سی مقدار کو ھائیڈروجن کے ساتھ تھرموس نلی میں ماننے دیا تو بالا سرد شدگی (Super coling) کی یہ کیفیت دور ھو گئی اور مائع ھائیڈروجن $-259°C$ پر ٹھوس حالت میں تبدیل ھو گئی ۔ ٹھوس ھائیڈروجن کا رنگ سفید تھا ۔

ھائیڈروجن کو لنڈے (Linde) کے طریقے سے مائع بنانا ۔

خالص ھائیڈروجن کو، جس میں سے دیگر گیسوں کی تمام آلائشیں پہلے سے دور کی ھوئی ھوتی ھیں ، ٹیپ (Tap) T میں سے پہلے پمپ P_1 میں داخل کیا جاتا ھے جہاں اس پر 50 کرہ ھوائی کا دباؤ پڑتا ھے ۔ یہ دبی ھوئی گیس دوسرے پمپ P_2 میں آتی ھے جہاں سے اس پر مزید دباؤ ڈالا جاتا ھے جس سے اس کا دباؤ 150 کرہ ھوائی کو پہنچ جاتا ھے ۔ یہ ھائیڈروجن ایک لمبی نلی کے ذریعے ایک ایسے برتن میں سے گزاری جاتی ھے جس میں مائع ھوا پڑی ھوتی ھے جس کے باعث اس کا ٹمپریچر $-80°C$ سے (جو اس کا آلثاؤ کا ٹمپریچر ھے) بہت زیادہ نیچے گر جاتا ھے ۔ اب یہ سرد شدہ ھائیڈروجن ، جو بھاری دباؤ کے ماتحت ھوتی ھے ، ایک پیچ دار لچھے میں سے گزرتی ھے جس کے پیچ ھم مرکز دائروں کی صورت میں ایک دوسرے کے اوپر موجود ھوتے ھیں ۔ اس لچھے میں سے گزرنے کے بعد ، جو ایک خاص خانے (Chamber) میں موجود ھوتا ھے ، اسے نیچے کے نوزل (Nozzle) N میں سے پھیلنے دیا جاتا ھے جس سے اس کا دباؤ گر کر قریباً 40 کرہ ھوائی کا رہ جاتا ھے اور اس پر جاؤل کیلون اثر (Joule Kelvin effect) ھو جاتا ھے جس سے ھائیڈروجن کا ٹمپریچر کافی درجے تک نیچے گر جاتا ھے ۔ یہ ھائیڈروجن اب خانے C میں اوپر چڑھتی ھے اور نلی

DEF میں ہوتی ہوئی دوبارہ پمپ P_2 کے اندر آتی ہے جہاں اس پر یہ تمام عمل از سر نو دہرایا جاتا ہے - اس طرح یہ عمل متعدد بار ہونے سے ہائیڈروجن کا ٹمپریچر اتنا گر جاتا ہے کہ جب آخری مرتبہ اس پر



جاؤل کیلون اثر (Joule Kelvin effect) ہونے دیا جاتا ہے تو وہ مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی ہے - اس وقت اس مائع ہائیڈروجن کو نیچے کا ٹیپ R (Tap) کھول کر دوسرے خانے H میں گرنے دیا جاتا ہے اور وہاں سے ڈیوار فلاسک (Dewar flask) میں بھر لیا جاتا ہے -

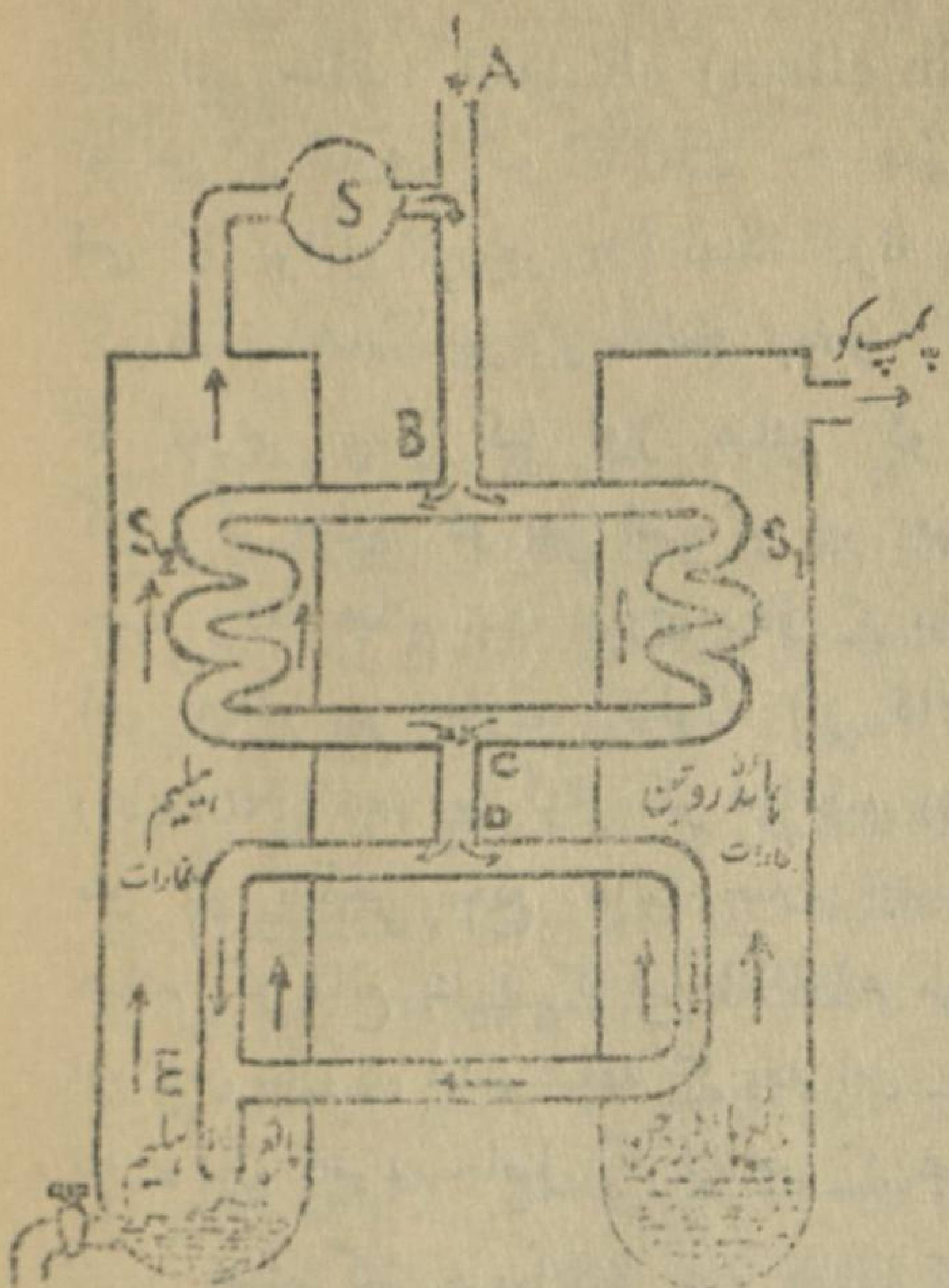
ڈیوار کے طریقے میں ، جس کے ذریعے اس نے پہلی بار ہائیڈروجن کو مائع بنایا تھا ، اس گیس کے دباؤ کو 150 کرہ ہوائی سے ایک کرہ ہوائی تک گرایا جاتا تھا - لیکن لنڈے (Linde) کے مذکورہ بالا

طریقے میں اسے 150 کرہ ہوائی سے 40 کرہ ہوائی تک گرنے دیا جاتا ہے ، جس کی وجہ سے لنڈے کے طریقے پر ڈیوار کے طریقے کے مقابلے میں خرچ کم آتا ہے ۔

ہیلیئم کو مائع بنانا - ہائیڈروجن کے مائع بننے کے بعد گیسوں میں صرف ہیلیئم (Helium) ہی ایسی رہ گئی تھی جو مائع نہیں بنی تھی ۔ ڈیوار (Dewar) نے انگلستان میں اور اول زیوسکی (Olszewski) نے پولینڈ میں ہیلیئم کو مائع بنانے کی ہر ممکن کوشش کی ، لیکن اُن کو اس مقصد میں کامیابی نہ ہوئی ۔ آخر کار ہالینڈ کے پروفیسر کمرلنگ اونس (Kamerlingh Onnes) نے اس مشکل کام کو سرانجام دینے کا بیڑا اُٹھایا ۔ اس نے ہالینڈ کے شہر لیڈن (Leyden) میں 1898ء کے لگ بھگ اپنی تحقیقات کا آغاز کیا ۔ اس نے ابتدا ہی سے یہ محسوس کر لیا تھا کہ ڈیوار اور اول زیوسکی کو ہیلیئم کے مائع بنانے میں جو ناکامی ہوئی تھی ، اس کی وجہ یہ تھی کہ اُن کے پاس ہیلیئم کے فاصل ٹمپریچر ، اُلٹاؤ کے ٹمپریچر ، نارمل نقطۂ جوش ، بوائل ٹمپریچر اور فاصل دباؤ کے بارے میں صحیح معلومات نہ تھیں ۔ حالانکہ اصل مقصد میں کامیابی کے لیے ان تمام کوائف کا معلوم ہونا ضروری تھا ۔ اس لیے اونس (Onnes) نے سب سے اول اپنی تمام توجہ ہیلیئم کے بارے میں ان کوائف کو حاصل کرنے کی طرف مبذول کر لی ۔ اس نے کامل دس سال تک ہیلیئم گیس پر تجربے کیے اور ان تجربوں کی بنا پر تمام ضروری معلومات حاصل کر لیں ۔ چنانچہ اس نے بالواسطہ طور پر معلوم کیا کہ ہیلیئم کا فاصل ٹمپریچر (Critical temperature) 268°C – یعنی 5°K ہے ، اس کا فاصل دباؤ (Critical pressure) 2·3 کرہ ہوائی ہے ، اس کا نارمل نقطۂ جوش (Normal boiling point) 268·8°C – یعنی 4·2°K ہے ، اس کا اُلٹاؤ کا ٹمپریچر (Temperature of inversion) 238°C – یعنی 35°K ہے اور اس کا بوائل ٹمپریچر (Boyle's temperature) 256°C – یعنی 17°K ہے ۔ اس سے اُس نے اندازہ لگایا کہ اگر ہیلیئم کو مائع بنانے

کے لیے جاؤل کیلون اثر (Joule Kelvin effect) سے مدد لینا ہو تو اس کے ٹمپریچر کو 256°C − یعنی 17°K سے نیچے تک (جو اس کا بوائل ٹمپریچر ہے) ٹھنڈا کرنا چاہئیے - اس نے مائع ہائیڈروجن کو تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر کرکے 258°C − یعنی 15°K کا ٹمپریچر پیدا کیا اور ہیلئیم کو ایک نلی کے ذریعے اس میں سے گزار کر ہیلئیم کو بھی اسی ٹمپریچر یعنی 15°K تک ٹھنڈا کر دیا جب کہ ہیلئیم بہت بھاری دباؤ کے ماتحت دبی ہوئی تھی - پھر اس نے اس ہیلئیم پر جاؤل کیلون اثر ڈالا یعنی اسے ایک باریک نوزل (Nozzle) میں سے گزار کر اچانک پھیلنے دیا تو وہ مزید ٹھنڈی ہو کر بالآخر مائع حالت میں تبدیل ہوگئی - اونس (Onnes) نے ہیلئیم کو مائع بنانے کے لیے 1898ء میں اپنی تحقیقات کا آغاز کیا تھا اور دس سال کی محنت شاقہ کے بعد اس نے 1908ء میں ہیلئیم کو مائع بنانے میں کامیابی حاصل کرلی اس کے تجربے کی تفیصل حسب ذیل ہے -

ہیلئیم گیس قریباً 36 کرہ ہوائی کے دباؤ کے ماتحت A نلی میں سے مائع ساز آلے (Liquefier) میں داخل ہوتی ہے اور کچھ فاصلہ طے کرنے کے بعد دائیں بائیں دو پیچ دار لچھوں (Spiral coils) S_1 اور S_2 میں بہنے لگتی ہے - ان میں سے لچھا S_1 ایک ایسے برتن میں ہے جس میں مائع ہائیڈروجن تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہورہی ہے اور ہائیدروجن کے نہایت سرد بخارات لچھے S_1 کو گھیرے ہوئے ہیں - ان بخارات سے S_1 کے اندر کی ہیلئیم گیس سخت ٹھنڈی ہوجاتی ہے - ہیلئیم کا دوسرا لچھا S_2 ایک ایسے برتن میں ہے جس کے اندر ہیلئیم گیس کے نہایت ٹھنڈے بخارات بھرے ہیں - اس طرح ہیلئیم گیس کی یہ دونوں روئیں جب ٹھنڈی ہو چکتی ہیں تو ان کو C کے مقام پر باہم ملنے دیا جاتا ہے - یہاں سے وہ درمیانی نلی CD میں اکٹھی ہو کر تھوڑا سا فاصلہ طے کرتی ہیں اور D پر جا کر پھر دو سمتوں میں تقسیم ہو جاتی ہیں - ان میں سے ایک طرف کی گیس دوبارہ دائیں طرف کے برتن میں جاتی ہے جہاں تخفیف شدہ دباؤ پر مائع ہائیڈورجن تبخیر ہو رہی ہے اور دوسری طرف کی ہیلئیم گیس دوبارہ بائیں طرف کے برتن میں جاتی ہے جہاں



ہیلئیم کے سرد شدہ بخارات موجود ھیں - دونوں طرف کی نلیوں کی ہیلیئم ٹھنڈی ہونے کے بعد نقطہ E پر باہم ملتی ھے اور EN حصے میں نیچے کی طرف جاتی ھے - یہاں آسے نوزل (Nozzle) N میں سے بھاری دباؤ کے ماتحت گزرنا پڑتا ھے جس سے اس پر جاؤل کیلون اثر (Joule Kelvin effect) ہوتا ھے، جس سے اس کا ٹمپریچر مزید گر جاتا ھے - یہ ہیلئیم اب اوپر چڑھ کر برتن S میں آتی ھے جہاں جمع ہونے سے اس کا دباؤ پھر اتنا ھی آونچا یعنی قریباً 23 کرہ ہوائی کے برابر ہو جاتا ھے - اس کے بعد وہ از سرنو نلی A میں آتی ھے اور اس پر پہلے کا سا عمل تمام کا تمام دھرایا جاتا ھے - جب ہیلیئم کی اسی مقدار پر متعدد بار یہی عمل واقع ہوتا ھے تو اس کا ٹمپریچر بالآخر 15°K یعنی 258°C — تک گر جاتا ھے - جس کے بعد جاؤل کیلون کے اثر سے وہ مائع حالت میں تبدیل ہونے لگتی ھے اور مائع ہیلئیم کے قطرے گر گر کر نیچے کے خاص برتن میں جمع ہونے لگتے ھیں -

اس طریقے کا ایک فائدہ یہ بھی ھے کہ اس میں ہیلیئم گیس کی ایک قلیل مقدار ھی بار بار کام آتی ھے ، یہاں تک کہ اس کا ایک حصہ مائع حالت میں منتقل ہو چکتا ھے - یہ انتظام اس وجہ سے کیا جاتا ھے کیونکہ دیگر مستقل گیسوں مثلاً آکسیجن ، ھائیڈروجن اور نائٹروجن کے مقابلے میں ہیلیئم ایک کم یاب گیس ھے -

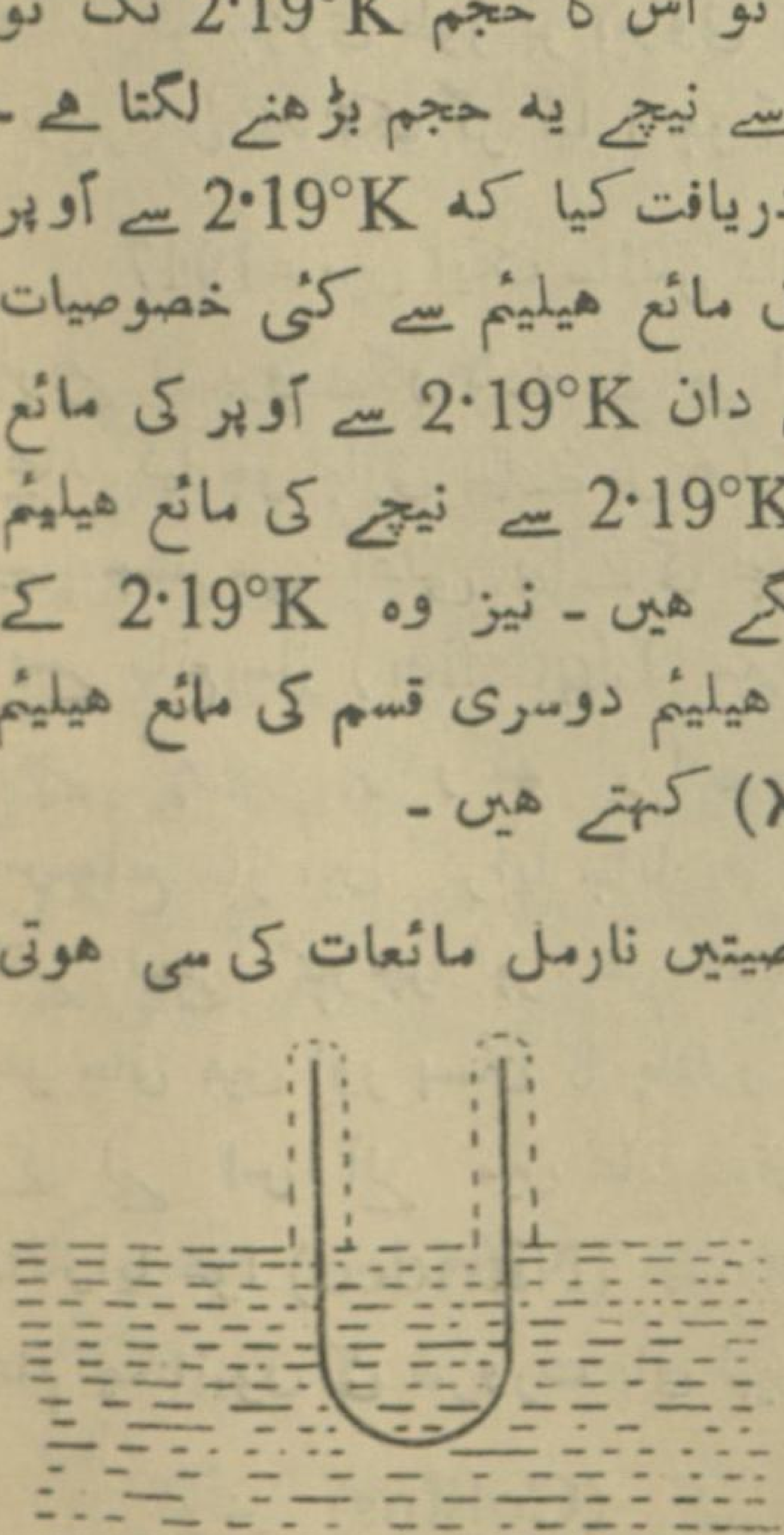
ہیلیئم کو مائع بنانے کا کاپٹزا (Kapitza) کا طریقہ - اونس (Onnes) نے پہلے پہل 1908ء میں ہیلیئم گیس کو مائع بنایا تھا - اس سے ربع صدی بعد 1934ء میں روس کے سائنس دان کاپٹزا (Kapitza) نے ایک ترمیم شدہ طریقے سے ہیلئیم کو مائع بنانے میں کامیابی حاصل کی - کاپٹزا (Kapitza) کے طریقے میں ہیلئیم کو ٹھنڈا کرنے کے لیے مائع ھائیڈروجن کی بجائے مائع نائٹروجن کا استعمال کیا جاتا ہے جس کے باعث وہ مشکلات اور خطرات جو ھائیڈروجن کے استعمال میں پیش آ سکتے ھیں ، دور ھو جاتے ھیں - البتہ مائع نائٹروجن کی تبخیر سے اتنے درجے کا نیچا ٹمپریچر پیدا نہیں ھوسکتا جتنے درجے کا مائع ھائیڈورجن کی تبخیر سے پیدا ھوتا ھے - اس خامی کو کاپٹزا (Kapitza) نے اس طور سے دور کیا کہ اس نے مائع نائٹروجن کی تبخیر سے سرد شدہ ہیلئیم کو جزوی طور پر بیرونی کام کرنے دیا ، جس کے باعث اس کا ٹمپریچر اس حد تک گر گیا ، جو اسے مائع بنانے کے لیے ضروری تھا -

1947ء میں ایک سائنس دان کولنز (Collins) نے کاپٹزا کے اس طریقے کو بروئے کار لانے کے لیے ایک ترقی یافتہ مائع ساز (Liquefier) ایجاد کیا جو تجارتی پیمانے پر ہیلیئم کو مائع بنا سکتا ھے اور اس وجہ سے بہت سی اعلیٰ پیمانے کی تجربہ گاھوں میں اس کا استعمال ھوتا ھے - ایسے مائع ساز (Liquefier) میں ، جس کے ذریعے ہیلیئم گیس کو نہایت نیچے ٹمپریچر پر رکھ کر اس سے بیرونی کام کرایا جاتا ھو جیسا کہ اس مائع ساز میں کرایا جاتا ھے ، ایک عملی مشکل یہ پیش آتی ھے کہ اتنے نیچے ٹمپریچر پر ھر قسم کی چکنائیاں (Lubricants) منجمد ھو جاتی ھیں اور پسٹن کا چلنا رک جاتا ھے - اس مشکل کا حل کرنے کے لیے اس آلے میں عام پسٹن کی بجائے نائٹر بھرت (Nitralloy) کا نائٹرایا ھوا (Nitrided) پسٹن استعمال کیا جاتا ھے جس کے باعث عام چکنائیوں کی ضرورت باقی نہیں رھتی -

کولنز (Collins) کے مذکورہ مائع ساز (Liquefier) میں سرد شدہ ہیلیئم کو ایک منقلب انجن (Reciprocating Engine) میں

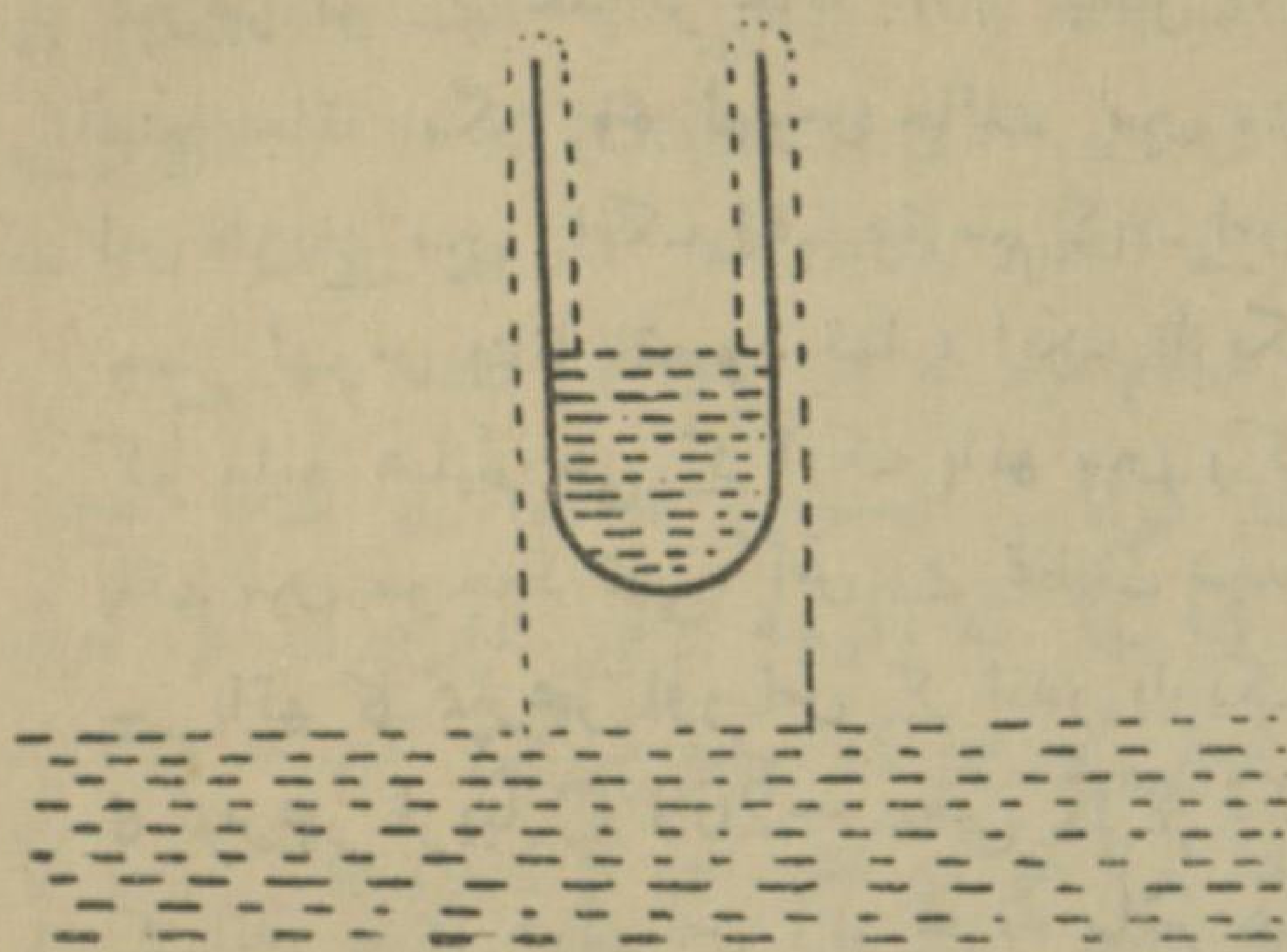
حرارت ناگزار طریقے (adiabatically) سے پھیلنے دیا جاتا ہے - جس سے وہ مزید ٹھنڈی ہو جاتی ہے - اس عمل کو اسی ہیلیئم پر متعدد بار دھرایا جاتا ہے ، یہاں تک کہ اس کا ٹمپریچر مطلوبہ درجے تک نیچے گر جاتا ہے - اس کے بعد اس پر جاؤل کیلون اثر کیا جاتا ہے جس سے وہ مائع حالت میں منتقل ہوجاتی ہے - کولنز (Collins) کے اس مائع ساز (Liquefier) کی کارکردگی اتنی بڑھی ہوئی ہے کہ ہیلیئم کو کمرے کے عام ٹمپریچر سے شروع کرکے اسے مائع بنانے تک اس آلے کو محض دو یا تین گھنٹے صرف ہوتے ہیں -

مائع ہیلیئم کی بعض خصوصیات - ہیلیئم کو مائع بنانے کے بعد اونس (Onnes) نے اس پر مزید تجربے کر کے 1911ء میں یہ انکشاف کیا کہ جب مائع ہیلیئم کو ٹھنڈا کیا جاتا ہے تو اس کا حجم 2·19°K تک تو برابر گھٹتا جاتا ہے مگر 2·19°K سے نیچے یہ حجم بڑھنے لگتا ہے - 1932ء میں کیسم (Keesom) نے یہ دریافت کیا کہ 2·19°K سے اوپر کی مائع ہیلیئم اس درجہ کے نیچے کی مائع ہیلیئم سے کئی خصوصیات میں مختلف ہوتی ہے - اس وجہ سے سائنس دان 2·19°K سے اوپر کی مائع ہیلیئم کو ہیلیئم I (Helium I) اور 2·19°K سے نیچے کی مائع ہیلیئم کو ہیلیئم II (Helium II) کہنے لگے ہیں - نیز وہ 2·19°K کے ٹمپریچر کو جس پر ایک قسم کی مائع ہیلیئم دوسری قسم کی مائع ہیلیئم میں منتقل ہوتی ہے ، λ نقطہ (λ Point) کہتے ہیں -



ہیلیئم I نارمل مائع ہے اس کی خاصیتیں نارمل مائعات کی سی ہوتی ہیں مگر ہیلیئم II اپنی بعض عجیب خاصیتوں کے باعث ایک غیر معمولی مائع ہے - اس میں حرارت کی ایصالیت (Heat Conductivities) بہت زیادہ ہوتی ہے - اس کی اندرونی رگڑ (Internal friction) قریباً قریباً صفر ہوتی ہے اس وجہ سے یہ باریک سے باریک نلی میں سے آسانی سے بہہ

سکتی ہے ۔ اگر ایک امتحانی نلی کو ہیلیئم II کے اندر ڈبو دیا جائے تو یہ اس کی دیواروں سے لگ کر اوپر کو چڑھنے لگتی ہے اور بالاخر اوپر کے کھلے منہ میں سے اس کے اندر پہنچ جاتی ہے ۔ جب اس امتحانی نلی کو مائع ہیلیئم میں سے باہر لایا جاتا ہے تو اس کے اندر پڑی ہوئی مائع ہیلیئم دیواروں کے ساتھ اوپر چڑھ کر باہر نکل آتی ہے اور باہر کے برتن میں گر پڑتی ہے ۔



مائع ہیلیئم کو ٹھوس بنانا ۔ اونس (Onnes) نے ہیلیئم کو مائع بنانے کے بعد اس مائع کو ٹھوس حالت میں بھی تبدیل کرنے کی کوشش کی ۔ اس نے 1910ء میں مائع ہیلیئم کو تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہونے دیا جس سے باقی ماندہ ہیلیئم کا ٹمپریچر گرتے گرتے $-271 \cdot 85°C$ یعنی $1 \cdot 15°K$ تک پہنچ گیا ، لیکن ہیلیئم مائع حالت ہی میں رہی ۔ 1921ء میں اس نے دوبارہ اپنی کوششیں اسی مقصد کے حصول پر مرکوز کیں ۔ اس نے بڑے بڑے پمپوں کی مدد سے بخاراتی دباؤ (Vapour pressure) کو $0 \cdot 13$ ملی میٹر تک کم کیا جس سے ہیلیئم کا ٹمپریچر $-272 \cdot 19°C$ یعنی $0 \cdot 81°K$ تک گر گیا مگر پھر بھی ہیلیئم کے ٹھوس بننے کے کچھ آثار پیدا نہ ہوئے ۔ اونس (Onnes) جب ہالینڈ کے شہر لیڈن میں ہیلیئم گیس پر اپنی تحقیقات سر انجام دے رہا تھا ، جس کا آغاز اس نے پنتالیس برس کی عمر میں 1898ء میں کیا تھا ، تو اس کا نائب کیسم (Keesom) اس کام میں اس کا معاون تھا ، جو بعد میں اس کی تجربہ گاہ میں اس کا جانشین بنا ۔ جب 1926ء میں اونس (Onnes) نے وفات پائی تو کیسم (Keesom) نے مائع ہیلیئم کو ٹھوس بنانے کی کوشش جاری رکھی اور اسی سال اس میں کامیابی حاصل کی ۔ اونس (Onnes) مائع ہیلیئم کو بہت تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت

تبخیر کرکے اُسے ٹھوس بنانے کی کوشش کرتا تھا ۔ اس سے اس کا ٹمپریچر تو بے حد گر جاتا اور بعض اوقات 272°C— یعنی 1°K تک پہنچ جاتا مگر وہ ٹھوس حالت میں منتقل نہیں ہوتی تھی ۔ کیسم نے اس طریقے میں ایک اہم ترمیم کی ۔ اس نے زیر تجربہ مائع ہیلیئم کو جسے ٹھوس بنانا مقصود تھا ، ایک باریک نلی کے اندر بھرا اور اس نلی کو مائع ہیلیئم ہی کے ایک باتھ میں رکھ دیا ۔ اس مائع ہیلیئم کو جو باتھ میں موجود تھی، اُس نے تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر کیا جس سے باتھ کا ٹمپریچر اور اس کے اندر باریک نلی میں پڑی ہوئی مائع ہیلیئم کا ٹمپریچر قریباً 269°C— یعنی 4°K تک گر گیا ۔ ساتھ ہی اس نے نلی کے اندر پڑی ہوئی اس زیر تجربہ مائع ہیلیئم پر 130 کرہ ہوائی دباؤ کا بھاری دباؤ ڈالا ۔ اس تدبیر سے مائع ہیلیئم ٹھوس حالت میں تبدیل ہو گئی ۔ بعد کے تجربات سے اس نے معلوم کیا کہ اگر زیر تجربہ مائع ہیلیئم کا ٹمپریچر 3°K یعنی 272°C— تک گرا دیا جائے تو اس پر 86 کرہ ہوائی دباؤ سے اُسے ٹھوس بنایا جا سکتا ھے ، لیکن اگر اس کا ٹمپریچر 1°K یعنی 272°C— کر دیا جائے تو پھر اس کو ٹھوس بنانے کے لیے 32 کرہ ہوائی دباؤ ھی کافی ہو سکتا ھے ۔

مائع ہیلیئم اور ٹھوس ہیلیئم کا انعطاف نما (Refractive index) قریباً برابر ہوتا ھے اس لیے نلی کے اندر محض دیکھنے سے یہ پتہ نہیں چلتا کہ ہیلیئم مائع حالت میں ھے یا ٹھوس بن گئی ھے ۔ کیسم نے دو طریقوں سے مائع ہیلیئم کے ٹھوس بن جانے کی تصدیق کی ۔ اول تو اس نے دیکھا کہ مائع ہیلیئم جن نلیوں میں بہہ رہی تھی اس کا بہاؤ رک گیا جو اُس کے ٹھوس بن جانے کا ایک ثبوت تھا ۔ علاوہ ازیں اس نے ہیلیئم کا ٹھوس بن جانا ایک اور طریقے سے بھی معلوم کیا ۔ اس نے مائع ہیلیئم کے اندر لوہے کی ایک چھوٹی سی ہلانی (Stirrer) کو ڈال دیا تھا جسے باہر سے ایک مقناطیس کے عمل کے ماتحت آسانی سے ہلایا جلایا جا سکتا تھا ۔ جب ہیلیئم ٹھوس بن گئی تو مقناطیس کے اثر سے اس ہلانی کا ہلنا جلنا موقوف ہو گیا اور وہ ایک جگہ پر اس طور سے رک گئی جیسے کوئی میخ کسی ٹھوس شے میں گڑھ جاتی ھے ۔

اس سے ثابت ہو گیا کہ مائع ہیلیئم ٹھوس بن گئی ہے - اس کے بعد جب کیسم نے ہیلیئم کے ٹمپریچر کو رفتہ رفتہ بڑھنے دیا تو ایک سٹیج پر جا کر بیرونی مقناطیس کے عمل سے ہلانی (Stirrer) ایک بار پھر ہلنے جلنے لگ گئی جس سے اس نے اندازہ لگایا کہ ٹمپریچر کے بڑھ جانے سے ٹھوس ہیلیئم دوبارہ مائع ہیلیئم میں تبدیل ہو گئی ہے -

نیچے ٹمپریچروں کا پیدا کرنا - انیسویں صدی کے آغاز میں سائنس دانوں کو یہ علم ہو گیا تھا کہ اگرچہ اونچے ٹمپریچر کی تو کوئی حد مقرر نہیں ہو سکتی لیکن نیچے ٹمپریچر کی ایک کم سے کم حد موجود ہے جس سے نیچے کا ٹمپریچر پیدا کرنا تو درکنار اس کا تصور بھی نہیں کیا جا سکتا - نیچے کی یہ حد 273·2°C– ہے جسے **مطلق صفر** (Absolute zero) کہتے ہیں - مطلق صفر کے متعلق یہ معلومات حاصل ہونے کے بعد سائنس دانوں میں اس ٹمپریچر تک پہنچنے کی دوڑ شروع ہو گئی اور یہ دوڑ کچھ عرصہ پہلے ختم ہوئی ہے جب وہ مطلق صفر کے اتنا قریب پہنچ گئے ہیں کہ اس سے زیادہ قریب پہنچنا غالباً ممکن نہیں ہے -

برف کا ٹمپریچر 0°C ہے مگر جب اس میں بعض نمکیات ملا دیے جائیں تو اس آمیزے کا ٹمپریچر 0°C سے کافی نیچے تک گر جاتا ہے - عام مائعات مثلاً دودھ یا شربت وغیرہ کو منجمد کرنے کے لیے جس نیچے ٹمپریچر کی ضرورت ہوتی ہے ، وہ عموماً اسی طریقے سے حاصل کیا جاتا ہے - اور اس وجہ سے برف اور نمک کے اس آمیزے کو **انجمادی آمیزہ** (Freezing mixture) کہتے ہیں - جب 100 حصے برف میں قریباً 33 حصے عام نمک یعنی سوڈیم کلورائڈ کو ملا دیا جائے تو اس آمیزے کا ٹمپریچر 21·3°C– تک گر جاتا ہے - اگر 100 حصے برف میں قریباً 30 حصے کیلسیم کلورائڈ (Calcium chloride) ملا دیا جائے تو اس آمیزے کا ٹمپریچر 54·8°C– ہو جاتا ہے - اگر 100 حصے برف میں 32 حصے کاسٹک پوٹاش یعنی پوٹاشیم ہائیڈرو اوکسائڈ (Potassium hydroxide) ملا دیا جائے تو اس آمیزے کا ٹمپریچر گر کر 65°C– تک پہنچ جاتا ہے - برف میں نمکیات کے آمیزے کے ٹمپریچر کے گرنے کی توجیہ یوں کی جاتی ہے - جب برف میں کسی نمک

کو ملایا جاتا ھے تو نمک اپنی کچھ حرارت برف کو دیتا ھے اور برف کی ایک قلیل سی مقدار پگھل جاتی ھے ۔ علاوہ ازیں نمک بہت زیادہ حل پذیر (Soluble) ھونے کے باعث برف میں گھل جاتا ھے ۔ ان دونوں عملوں میں آمیزے کی حرارت صرف ھوتی ھے ۔ کیونکہ نمک حل ھوتے وقت حرارت جذب کرتا ھے جو **محلول کی حرارت** (Heat of solution) کہلاتی ھے ، اور برف بھی پگھلنے میں اپنی مخفی حرارت (Latent heat) کے مطابق حرارت جذب کرتی ھے ۔ دونوں صورتوں میں یہ حرارت آمیزے ھی سے آتی ھے جس کا ٹمپریچر 0°C سے کافی نیچے تک گر جاتا ھے ۔

جب گیسوں کو مائع بنانے میں سائنس دانوں کو کامیابی ھوئی تو نیچے ٹمپریچروں تک پہنچنے کا ایک زیادہ مؤثر طریقہ انھیں ھاتھ آ گیا ۔ عام گیسوں میں سلفر ڈائی اوکسائڈ ، امونیا ، کاربن ڈائی اوکسائڈ اور میتھل کلورائڈ (Methyl chloride) ایسی ھیں جن کو محض دباؤ ڈالنے سے انھیں مائع بنایا جا سکتا ھے ، جب عام کرہ ھوائی دباؤ کے ماتحت ان گیسوں کو مائع حالت سے دوبارہ گیسی حالت میں تبخیر ھونے دیا جائے تو ان سے مختلف درجوں کے نیچے ٹمپریچر حاصل ھوتے ھیں ۔ چنانچہ جب سلفر ڈائی اوکسائڈ عام کرہ ھوائی دباؤ کے ماتحت مائع سے دوبارہ گیس بنتی ھے تو اس کا ٹمپریچر 10°C− تک گر جاتا ھے ۔ جب مائع میتھل کلورائڈ کو عام کرہ ھوائی دباؤ کے ماتحت تبخیر ھونے دیا جاتا ھے تو 24°C− کا ٹمپریچر حاصل ھوتا ھے ۔ جب مائع امونیا عام کرہ ھوائی دباؤ کے ماتحت دوبارہ گیسی صورت اختیار کرتی ھے تو اس سے 33·4°C− کا ٹمپریچر حاصل ھوتا ھے ۔ مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ عام کرہ ھوائی دباؤ کے ماتحت تبخیر ھو کر 78·6°C− کا اور مائع ایتھلین عام کرہ ھوائی کے تحت تبخیر ھونے سے 103·7°C− کا ٹمپریچر پیدا کرتی ھے ۔ یہ ان گیسوں کا حال ھے جو محض دباؤ ڈالنے سے گیسی حالت سے مائع حالت میں تبدیل ھوتی ھیں اور 1877ء سے پہلے صرف اسی نوع کی گیسوں ھی کو مائع بنایا گیا تھا ۔ لیکن جب 1877ء میں پکتے (Pictet) اور کائی لیتے (Cailletet) کی کوششوں

سے آکسیجن گیس مائع حالت میں تبدیل ہوئی تو مائع آکسیجن کو نارمل کرہ ہوائی کے دباؤ کے تحت تبخیر کرنے سے 183°C– درجے کا نیچا ٹمپریچر حاصل ہوا جو مطلق پیمانے میں 90°K کے برابر تھا۔ چھ سال بعد وروبلیوسکی (Wroblewski) اور اول زیوسکی (Olszewski) نے 1883ء میں نائٹروجن کو مائع بنانے میں کامیابی حاصل کی تو نارمل دباؤ کے ماتحت مائع نائٹروجن کی تبخیر سے 196°C– یعنی 77°K کا ٹمپریچر پیدا کر لیا گیا۔ 1898ء میں ڈیوار نے ھائیڈروجن کو مائع حالت میں منتقل کیا تو مائع ھائیڈروجن کو نارمل دباؤ کے ماتحت تبخیر کرنے سے 256°C– کا ٹمپریچر حاصل ہوا جو مطلق صفر (Absolute zero) سے 17 درجے اوپر اور اس وجہ سے 17°K کے برابر تھا۔ 1908ء میں ھیلیئم کو جو اس سلسلے کی آخری گیس تھی، مائع بنایا گیا تو نارمل دباؤ کے ماتحت مائع ھیلیئم کی تبخیر سے 269°C– کا ٹمپریچر پیدا کیا گیا جو 4°K کے برابر تھا اور اس لیے مطلق صفر سے محض 4 درجے اوپر تھا۔ اس عرصے میں سائنس دان مائع حالت سے ان گیسوں کی تبخیر تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت بھی کرنے لگے جس سے ان کا ٹمپریچر اور بھی گر جاتا تھا۔ چنانچہ مائع ھیلیئم کو تخفیف شدہ (Reduced) دباؤ کے ماتحت تبخیر کرنے سے 272°C– یعنی 1°K تک پہنچنے میں کامیابی حاصل کر لی گئی۔

1927ء میں گیاق (Giauque) اور دے بائی (Debye) نے مقناطیسی عملوں کے ذریعے مزید ٹھنڈک پیدا کرنے کا اصول دریافت کیا (جس کی تفصیل آگے آئے گی) اور اس اصول کے عملی اطلاق سے گیاق (Giauque) نے 1931ء میں 0·25°K کا ٹمپریچر حاصل کیا، جو مطلق صفر سے محض ایک چوتھائی ڈگری اوپر تھا۔ یہ بذات خود بہت بڑی کامیابی تھی۔ لیکن سائنس کے میدان میں اولعزم سائنس دانوں کی کوششیں کسی مرحلے پر ختم نہیں ہو جاتیں۔ چنانچہ سائنس دانوں نے مطلق صفر کے قریب تر پہنچنے کی مزید کوششیں جاری رکھیں اور 1944ء میں ایک سائنس دان ھاس (Haas) نے اسی طریقے سے 0·002°K کا نیچا ٹمپریچر پیدا کر کے دکھا دیا جو مطلق صفر سے محض $\frac{1}{500}$ ڈگری اوپر ہے۔ یہاں یہ بات

قابل ذکر ہے کہ اگرچہ مستقبل کی تحقیقات کے نتیجے میں اس امر کا امکان موجود ہے کہ 0·002°K سے نیچے کا بھی ٹمپریچر پیدا کر لیا جائے لیکن عین مطلق صفر 0°K تک پہنچ جانا نظریاتی طور پر ناممکن ہے اور اس لیے عملاً 0°K کا ٹمپریچر پیدا کرنے کی کوشش لاحاصل ہے۔ مطلق صفر ایک ایسی منزل ہے جس کے قریب سے قریب تر تو ہوا جا سکتا ہے مگر عین اس منزل کے اوپر پہنچ جانا محال ہے۔

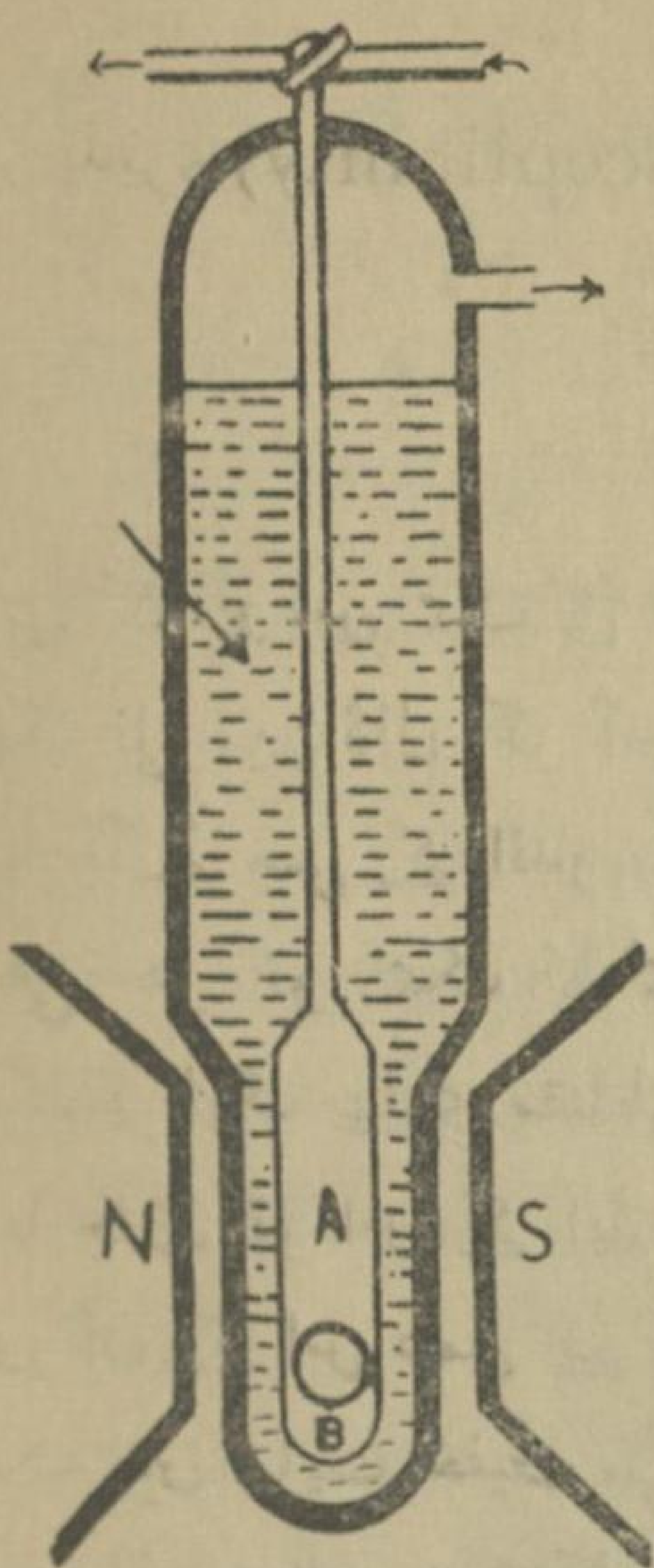
مقناطیسی طریقے سے 1°K سے نیچے کا ٹمپریچر پیدا کرنا۔ مائع ہیلیئم کا نارمل نقطۂ جوش (Boiling point)، جو ایک کرہ ہوائی کے دباؤ پر ہوتا ہے، 268·8°C – یعنی 4·4°K ہے۔ لیکن اگر ہیلیئم کو تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہونے دیا جائے تو باقی ماندہ ہیلیئم کا ٹمپریچر 1°K تک گر سکتا ہے۔ البتہ 1°K سے نیچے کا ٹمپریچر اس طریقے سے حاصل نہیں کیا جا سکتا۔ 1926ء میں ایک سائنس دان ڈے بائی (Debye) نے اور 1927ء میں ایک سائنس دان گیاق (Giauque) نے 1°K سے نیچے کے ٹمپریچر پیدا کرنے کے لیے ایک نیا اصول وضع کیا۔ بعض نمکیات کے ایٹم بہت ننھے ننھے مقناطیسوں کی سی تاثیر رکھتے ہیں۔ جب انہیں ایک طاقتور مقناطیسی میدان (Magnetic field) کے اندر رکھا جاتا ہے تو اس کے اثر سے وہ ایٹم اپنے آپ کو مقناطیسی میدان کی متوازی سمت میں ترتیب دیتے ہیں اور نمک میں مقناطیس کی سی صفت پیدا ہو جاتی ہے۔ ایسے نمکیات کو پیرا مقناطیسی نمکیات (Para magnetic salts) کا نام دیا جاتا ہے۔ جب اس نمک کے گرد سے مقناطیسی میدان کو دور کر دیا جائے تو نمک کے ایٹم اس ترتیب کو فوراً چھوڑ دیتے ہیں اور اپنی نارمل حالتوں میں چلے جاتے ہیں جس کے باعث وہ نمک اپنی مقناطیسی صفت مکمل طور پر کھو دیتا ہے۔ گیڈولینئیم سلفیٹ (Gadolinium sulphate) اور پوٹاشیم الومینیم سلفیٹ اس قسم کے پیرا مقناطیسی نمکیات کی مثالیں ہیں۔ اگر مقناطیسی میدان H ہو اور اس کے باعث نمک میں پیدا ہونے والی مقناطیسیت کی شدت (Intensity of magnetism) I ہو تو اس نمک کی مقناطیسی

اثر پذیری (Magnetic susceptibility) کی قیمت $\frac{I}{H}$ ہوتی ہے پس

$$x = \frac{I}{H}$$

جب کہ x اس نمک کی مقناطیسی اثر پذیری ہو ۔ اگر ایسے نمک کو ایک نلی میں ڈال کر اس نلی کو مائع ہیلیئم کے باتھ (Bath) میں رکھ دیا جائے جس کے اندر مائع ہیلیئم تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہو رہی ہو تو نمک کا ٹمپریچر 1°K تک گرایا جا سکتا ہے ۔ اب اگر اس نمک پر ایک بھاری مقناطیسی میدان (Magnetic field) کو عمل کرنے دیا جائے تو اس کے ایٹم میدان کی سمت میں اپنے آپ کو ترتیب دیتے ہیں اور اُن کے اس عمل سے (جو ایک خارجی قوت سے ہو رہا ہوتا ہے) نمک میں نہایت خفیف سی حرارت پیدا ہوتی ہے جو ارد گرد میں جذب ہو جاتی ہے اور نمک کا ٹمپریچر 1°K پر ہی آ جاتا ہے ۔ پھر اگر مقناطیسی میدان کو اچانک دور کر لیا جائے تو نمک کی مقناطیسیت فوراً زائل ہو جاتی ہے اور اس کے ایٹم مل جل کر دوبارہ اپنی پہلی حالتوں پر واپس چلے جاتے ہیں ۔ ایسا کرنے میں ان کو کام کرنا پڑتا ہے اور اس کام میں اُن کی کچھ توانائی ، جو حرارت کی صورت میں ہوتی ہے ، صرف ہو جاتی ہے جس سے نمک کا ٹمپریچر 1°K سے کافی نیچے گر جاتا ہے ۔ اس طریقے کی تفصیلات حسب ذیل ہیں ۔

پیرا مقناطیسی نمک مثلاً گیڈولینیئم سلفیٹ (Gadolinium sulphate) B کا سفوف بنا کر اس پر دباؤ ڈالا جاتا ہے جس سے وہ ایک گولے کی شکل اختیار کر لیتا ہے ۔ اس گولے کو ایک نلی A میں ڈال دیا جاتا ہے جس کے اندر ہیلیئم گیس پہلے سے داخل کی ہوتی ہے ۔ یہ نلی A ایک چوڑے برتن میں رکھی ہوتی ہے جس میں مائع ہیلیئم تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہو رہی ہوتی ہے ۔ اس سے نمک کا ٹمپریچر 1°K تک گر جاتا ہے اور اس کے ساتھ ہی اس کے گرد کی ہیلیئم گیس بھی 1°K تک ہی ٹھنڈی ہو جاتی ہے ۔ مگر چونکہ اس پر



بھاری دباؤ نہیں پڑ رہا ہوتا ہے - اس لیے وہ گیسی حالت ہی میں رہتی ہے - اب برقی مقناطیس NS کی مدد سے ایک بھاری مقناطیسی میدان (Magnetic field) کو عمل کرنے دیا جاتا ہے جو 20000 سے 30000 گاس (Gauss) کی طاقت کا ہوتا ہے۔ اس کے اثر سے نمک کے ایٹم مقناطیسی میدان کے متوازی سمت میں مرتب ہو جاتے ہیں۔ اس عمل میں ان پر بیرونی کام ہوتا ہے جس سے ان میں خفیف سی حرارت پیدا ہو جاتی ہے، مگر یہ حرارت فوراً ہی مائع ہیلیئم میں جذب ہو جاتی ہے - اس کا نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ نمک کا ٹمپریچر وہی 1°K رہتا ہے جو ہیلیئم کے باتھ کا ہوتا ہے - اب نلی A کے اندر کی ہیلیئم کو ایک پمپ کے ذریعے مکمل طور پر خارج کر دیا جاتا ہے جس سے اس میں ایک خلا پیدا ہو جاتا ہے اور نمک کو باہر سے حرارت ملنے کا امکان نہیں رہتا - اس کے بعد برقی مقناطیس کی برقی رو کو بند کر کے مقناطیسی میدان کو اچانک دور کر دیا جاتا ہے - اس پر نمک کی مقناطیسیت ختم ہو جاتی ہے اور اس کے ایٹم فوراً اپنی پہلی حالتوں پر آ جاتے ہیں۔ ایسا کرنے میں انہیں کام کرنا پڑتا ہے اور ان کی اپنی توانائی حرارت کی صورت میں اس کام کے کرنے میں صرف ہو جاتی ہے جس کے باعث نمک کا ٹمپریچر 1°K سے کافی نیچے تک گر جاتا ہے - گیاق (Giauque) نے 1931ء میں یہ تجربہ انجام دے کر 0·25°K کا ٹمپریچر حاصل کیا - اس کے تیرہ سال بعد ہالینڈ کے ایک اور سائنس دان ہاس (Haas) نے لیڈن میں اسی طریقے کو بروئے کار لا کر 0·002°K کا ٹمپریچر حاصل کر لیا -

یہاں یہ عمل قابل ذکر ہے کہ قدرت میں اتنا نیچا ٹمپریچر خلاؤں میں بھی نہیں پایا جاتا - ستاروں اور سیاروں کے درمیان جو جگہ (Inter stellar space) خلا کی صورت میں ہوتی ہے وہاں کسی

مادی گیس کا وجود نہیں ہوتا ، مگر اس کے باوجود وہاں کا ٹمپریچر بھی 2°K سے کم نہیں ہوتا جو انسان کے پیدا کردہ نیچے کے ٹمپریچر سے کافی آوپر ہے -

نیچے ٹمپریچروں کی پیمائش - پارے کا نقطۂ انجماد (Freezing point) 38°C – اور الکوحل کا نقطۂ انجماد 112°C – ہے - اس لیے پارے کے تھرمامیٹر سے 38°C – سے نیچے کے تھرمامیٹر اور الکوحل کے تھرمامیٹر سے 112°C – سے نیچے کے ٹمپریچر نہیں ناپے جاسکتے -

مزاحمتی تھرمامیٹر (Resistance thermometer) - نیچے ٹمپریچروں کی پیمائش کے لیے **مزاحمتی تھرمامیٹر** (Resistance thermo-meter) کو کامیابی سے استعمال کیا جا سکتا ہے ، مگر شرط یہ ہے کہ اس کا تار خالص دھات کا بنا ہو جس میں کسی اور شے کی ھلکی سی آمیزش نہ ہو ، کیونکہ خالص دھات کے تار ہی کی مزاحمت ٹمپریچر کے ساتھ باقاعدگی کے ساتھ بدلتی ہے - اگر تار میں کسی اور دھات کی نہایت معمولی سی ملاوٹ ہو تو ایسے تار کی مزاحمت میں ٹمپریچر کے ساتھ ہونے والی تبدیلی بہت بے قاعدہ ہو جاتی ہے ، اس لیے وہ ٹمپریچر کی پیمائش کے لیے موزوں نہیں رہتا - پلاٹینم کے تار کا مزاحمتی تھرمامیٹر قریباً 20°K تک عمدگی سے کام دیتا ہے - سیسے یا سونے کے تار کا مزاحمتی تھرمامیٹر 14°K تک کی پیمائش کے لیے موزوں سمجھا جاتا ہے - اس کے نیچے کے ٹمپریچروں کے لیے کان سٹن ٹن (Constanton) یا فاسفور برانز (Phosphor bronze) کے تار کے مزاحمتی تھرمامیٹر کو استعمال کیا جاتا ہے - البتہ ان تمام تھرمامیٹروں میں ٹمپریچر کے ساتھ مزاحمت (Resistance) جس طور کے ساتھ تبدیل ہوتی ہے ، اس کے بارے میں کوئی سادہ فارمولا وضع نہیں کیا جا سکتا - اس لیے ان تھرمامیٹروں کے ذریعے نیچے ٹمپریچروں کی صحیح پیمائش اسی صورت میں کی جا سکتی ہے جب ذیل کے مقررہ نقطوں کی مدد سے آن کی درجہ بندی (Calibration) کر لی جائے - یہ مقررہ نقطے آکسیجن ، نائٹروجن ، نیون ، ھائیڈروجن اور ہیلیئم کے نقطۂ جوش (Boiling point) ہیں -

گیس	نقطۂ جوش	
	°K	°C
آکسیجن	90·2°K	−183·0°C
نائٹروجن	77·4°K	−195·8°C
نیون	27·3°K	−245·9°C
هائیڈروجن	20·4°K	−252·8°C
هیلیئم	5·8°K	−268·8°C

مزاحمتی تھرمامیٹر کاربن کے بھی بنائے جا سکتے ھیں اور کاربن مزاحمتی تھرمامیٹر (Carbon Resistance thermometer) 10°K سے نیچے ٹمپریچروں کے لیے بہت حساس (Sensitive) ثابت ھوئے ھیں - کیونکہ جوں جوں مطلق صفر قریب آتا ھے کاربن کی مزاحمت (Resistance) تیزی سے بڑھتی جاتی ھے - گیاق (Giauque) نے جس کا ذکر پہلے آ چکا ھے ، 1938ء میں بہت نیچے ٹمپریچروں کی پیمائش کے لیے ایسے کاربن مزاحمتی تھرمامیٹروں سے کام لیا تھا جس میں گریفائٹ کی پتلی پتلی سلاخوں کو تاروں کی بجائے استعمال کیا گیا تھا -

حرارتی برقی تھرمامیٹر یا تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹر - نیچے ٹمپریچروں کو ناپنے کے لیے **حرارتی برقی تھرمامیٹر** یعنی **تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹر** (Thermo-electric thermometer) کا بھی استعمال کیا جاتا ھے - ایسے تھرمامیٹر میں تانبے اور کان سٹن ٹن کا جفتہ (Copper-constanton couple) 70°K تک بہت اچھا کام دیتا ھے - کیونکہ اتنے نیچے ٹمپریچروں پر ایسے جفتے سے کافی بڑی برق زا قوت یعنی ای - ایم - ایف (*e.m.f.*) پیدا ھو جاتی ھے - 70°K سے نیچے سونے اور چاندی کے جفتے (Gold-silver couple) یا پلاٹینم اور چاندی کے جفتے (Platinum-silver couple) بہت موزوں رھتے ھیں - سونے کے ساتھ اگر 2 فی صد کوبالٹ (Cobalt) ملا لیا جائے تو ایسے سونے اور چاندی کا جفتہ 2°K تک کے ٹمپریچر کی پیمائش کر لیتا ھے -

بخاراتی دباؤ تھرمامیٹر (Vapour pressure thermometer) -
4°K سے نیچے کے ٹمپریچر مائع ہیلیئم سے پیدا کیے جاتے ہیں اور ان کو ناپنے کے لیے ہیلیئم کے بخاراتی دباؤ سے کام لیا جاتا ہے اور اس اصول پر جو تھرمامیٹر بنایا جاتا ہے وہ **بخاراتی دباؤ تھرمامیٹر** (Vapour pressure thermometer) کہلاتا ہے - یہ تھرمامیٹر 4°K سے نیچے کے ٹمپریچروں کو ناپنے کے لیے بہت حساس ہوتا ہے کیونکہ مائع ہیلیئم کا بخاراتی دباؤ (Vapour pressure) 4°K سے نیچے جاتے ہوئے تیزی سے گرتا ہے - مثلاً 4·9°K پر یہ دباؤ پارے کے 132 سم کے برابر ہوتا ہے ، مگر 4·2°K پر 76 سم ، 3·2°K پر 25 سم ، 2·3°K پر 5 سم اور 1·5°K پر محض نصف سم (0·5 سم) رہ جاتا ہے - اس سے نیچے ٹمپریچروں پر بھی یہ کافی تیزی سے گرتا ہے - یہ امور ذیل کے نقشے سے ظاہر ہیں جس میں 5°K سے 0·8°K تک مختلف ٹمپریچروں کے مقابل میں مائع ہیلیئم کے بخاراتی دباؤ (Vapour pressure) کی قیمتیں دی گئی ہیں -

مختلف ٹمپریچروں پر مائع ہیلیئم کا بخاراتی دباؤ

ٹمپریچر (مطلق پیمانے پر)	بخاراتی دباؤ (پارے کی سنٹی میٹر لمبائی میں)
4·899°K	132·90 سم
4·219°K	76·00 سم
3·218°K	25·00 سم
2·298°K	5·00 سم
1·538°K	0·50 سم
1·055°K	0·025 سم
0·899°K	0·0050 سم
0·844°K	0·0025 سم

مقناطیسی اثر پذیری (Magnetic susceptibility) سے بہت نیچے ٹمپریچروں کی پیمائش کرنا - اس سے پہلے بیان کیا جا چکا ہے کہ نیچے ٹمپریچر جو 0·2°K اور 0.002°K کے آرڈر کے ہوتے ہیں ، کسی پیرا مقناطیسی نمک (Para-magnetic satlt) کو جسے بھاری مقناطیسی قوتوں سے پہلے مقناطیس بنایا جا چکا ہو، اچانک حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) غیر مقناطیس بنانے سے پیدا کیے جاتے ہیں - اس درجے کے نیچے ٹمپریچروں کی پیمائش خود اسی نمک کی مقناطیسی اثر پذیری (Magnetic susceptibitity) ناپ کر کی جاتی ہے - اس کے بارے میں کیوری کا قانون (Curie's law) یہ ہے کہ یہ اثرپذیری (Susceptibility) مطلق ٹمپریچر کے بالعکس متناسب ہوتی ہے - اس لیے جب ایک معلوم نیچے ٹمپریچر مثلاً 1°K پر اس نمک کی مقناطیسی اثرپذیری (Magnetic susceptibility) کی پیمائش کر لی جائے تو 1°K سے نیچے کے کسی ٹمپریچر پر اسی نمک کی مقناطیسی اثر پذیری ناپ لینے سے اس ٹمپریچر کی پیمائش ہو سکتی ہے - مثال کے طور پر فرض کیجیے کہ T_1 ٹمپریچر پر جو 1°K کے برابر ہے، اس نمک کی مقناطیسی اثرپذیری x_1 ہے جو ناپ لی گئی ہے اور نامعلوم ٹمپریچر T_2 پر جو 1°K سے نیچے ہے، اس کی مقناطیسی اثرپذیری x_2 ہے جس کی پیمائش بھی کر لی گئی ہے -تب کیوری کے قانون (Curie's law) کے مطابق

$$x_1=\frac{K}{T_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

$$x_2=\frac{K}{T_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

جب کہ K ایک (مستقل Constant) ہے

(ii) کو (i) پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{x_2}{x_1}=\frac{K}{T_2}\Big/\frac{K}{T_1}=\frac{T_1}{T_2}$$

$$\therefore \quad x_2=\frac{T_1}{T_2}x_1$$

مقناطیسی اثر پذیری کو ناپنے کے لیے جس نلی کے اندر پیرا مقناطیسی (Para-magnetic) نمک پڑا ہو اس کے گرد دو لچھے (Coil) لپیٹ دیے جاتے ہیں اور ان میں سے ایک لچھے کے اندر متبادل برق رو یعنی آلٹرنیٹنگ کرنٹ (Alternating Current) گزاری جاتی ہے، جو برق امالے (Electric induction) کے اصول کے مطابق دوسرے کوائل میں بھی برق رو پیدا کرتی ہے۔ اس ثانوی (Secondary) برق رو کی شدت جس کا انحصار نمک کی مقناطیسی اثر پذیری (Magnetic sus-ceptibility) پر ہوتا ہے ایک حساس گیلوانومیٹر کے ذریعے ناپ لی جاتی ہے جس سے نمک کی مقناطیسی اثر پذیری کا پتہ لگ جاتا ہے۔ بعض اوقات گیلوانومیٹر کی درجہ بندی اس طور سے کی جاتی ہے کہ اس پر 1°K سے نیچے کے ٹمپریچروں کے درجے لگا دیے جاتے ہیں۔ اس وقت یہ گیلوانومیٹر نیچے ٹمپریچروں کے ایک تھرمامیٹر کا کام دیتا ہے اور اس کے ذریعے 1°K سے نیچے کے ٹمپریچروں کی پیمائش براہ راست کر لی جاتی ہے۔

سردی قرار برتن یا کرائی اوسٹیٹ (Cryostat)۔ نیچے ٹمپریچروں پر تحقیقات کرنے کے لیے اکثر ایک ایسے برتن کی ضرورت ہوتی ہے جس کے اندر ٹمپریچر ایک خاص نیچے درجے پر برقرار رہے۔ اس برتن کو **سردی قرار برتن** یا **کرائی اوسٹیٹ** (Cryostat) کہتے ہیں۔

کرائی اوسٹیٹ (Cryostat) مختلف اصولوں پر بنائے جاتے ہیں، جن میں بعض کی تشریح حسب ذیل ہے:

پہلی قسم - کرائی اوسٹیٹ (Cryostat) کے برتن میں کوئی مناسب مائع مثلاً پیٹرولیئم یا ایتھر یا الکوحل یا پروپین (Propane) بھر دیا جاتا ہے۔ اس مائع کے اندر ایک کھوکھلا کوائل (Coil) یعنی لچھا ڈوبا ہوا ہوتا ہے اور کوائل میں مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ یا مائع امونیا رواں رہتی ہے جس کے باعث برتن کے اندر کے اصل مائع کو ایک خاص نیچے ٹمپریچر تک جس کو برقرار رکھنا مقصود ہوتا ہے، ٹھنڈا رکھا جا سکتا ہے۔ اصل مائع میں برقی تار کا ایک کوائل (Coil) یعنی لچھا بھی ڈوبا ہوتا ہے جس کا سلسلہ ایک بیٹری یا

ڈائی نیمو (Dynamo) کے ساتھ ملا ہوا ہوتا ہے اور جس کے اندر ایک برق رو چلائی جا سکتی ہے - ایک خود کار آلہ اس برق رو یعنی کرنٹ کو کنٹرول کرتا ہے - چنانچہ جب اصل مائع مطلوبہ ٹمپریچر سے زیادہ ٹھنڈا ہونے لگتا ہے تو یہ آلہ برق کوائل میں برق رو بھیجنے لگتا ہے جس کی حرارت سے مائع کا ٹمپریچر بڑھ کر مقررہ درجے پر آ جاتا ہے - اگر مائع کا ٹمپریچر مقررہ درجے سے اوپر ہو جانے تو یہ آلہ برق رو کو بند کر دیتا ہے جس پر مائع امونیا یا مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ وغیرہ کی ٹھنڈک سے ٹمپریچر گر کر مقررہ درجے پر آ جاتا ہے - اس تدبیر سے اصل مائع کا ٹمپریچر ایک مطلوبہ قیمت پر برقرار رہتا ہے -

دوسری قسم - کرائی اوسٹیٹ (Cryostat) کے اصل برتن میں کوئی مناسب مائع بھر دیا جاتا ہے اور اس برتن کو مائع ہوا کے باتھ میں رکھ دیا جاتا ہے - اصل مائع کے اندر ایک برق کوائل بھی موجود ہوتا ہے جس میں برق رو کو جاری رکھنے ، بڑھانے ، گھٹانے اور بند کر دینے سے اصل مائع کے ٹمپریچر کو مطلوبہ درجے پر لایا اور برقرار رکھا جا سکتا ہے -

نیچے ٹمپریچر پر مادی اشیا کی خاصیتیں - پچھلی نصف صدی میں نیچے ٹمپریچروں پر بڑی قابل قدر تحقیقات ہوئی ہیں جس کے نتیجے میں ان نیچے ٹمپریچروں پر مادی اشیاء کی خاصیتوں کے بارے میں اتنے کوائف حاصل ہوئے ہیں کہ ان کی بنا پر طبیعیات یعنی فزیکس کی ایک نئی شاخ وجود میں آئی ہے جو **نیچے ٹمپریچروں کی طبیعیات** (Low temperature Physics) کہلاتی ہے - اس تحقیقات کی بنا پر ان نیچے ٹمپریچروں پر مختلف اشیاء کی خاصیتوں کے متعلق جو باتیں مشاہدے میں آئی ہیں ان کا مختصر بیان حسب ذیل ہے -

۱- نیچے ٹمپریچروں پر جو 180°C — یا اس سے نیچے ہوتے ہیں ، کیمیائی عمل واقع نہیں ہو سکتے- اس وجہ سے ان ٹمپریچروں پر چیزوں کا گلنا سڑنا بالکل رک جاتا ہے اور وہ مدتوں تک اپنی اصلی حالت میں باقی رہتی ہیں -

۲- بکٹیریا میں افزائش نسل کی قوت اور بعض بیجوں میں اگنے کی خاصیت مائع ہوا کے ٹمپریچر (یعنی قریباً 190°C —) تک بھی قائم رہتی ہے -

۳- بعض اشیاء مثلاً روئی ، اون اور چمڑے کی بنی ہوئی چیزوں میں مائع ہوا کے ٹمپریچر (یعنی قریباً 190°C —) پر پہنچ کر خفیف سی چمک پیدا ہو جاتی ہے -

۴- سیسہ 190°C — پر ملائم (Plastic) ہو جاتا ہے اور ربڑ اسی ٹمپریچر پر بھربھری (Brittle) بن جاتی ہے -

۵- تمام اشیاء کی ایٹمی حرارت (Atomic heat) جو عام ٹمپریچر پر 6 کے قریب ہوتی ہے ، نیچے ٹمپریچروں پر بتدریج گھٹتی جاتی ہے اور جب یہ نیچا ٹمپریچر مطلق صفر کے قریب تک پہنچنے لگتا ہے تو ایٹمی حرارت (Atomic heat) بھی صفر کے قریب ہو جاتی ہے - مثلاً چاندی کی ایٹمی حرارت جو عام ٹمپریچر پر 6 کے قریب ہوتی ہے ، 198°C — یعنی 75°K پر 4 اور 237°C — یعنی 36°K پر 1·7 رہ جاتی ہے - اس کے بعد وہ اس سے بھی زیادہ تیز شرح سے گرتی ہے - چنانچہ 263°C — یعنی 10°K پر اس کی قیمت 0·05 ہوتی ہے اور 1.35°K پر وہ 0·00025 ہو جاتی ہے جو صفر کے نہایت قریب ہے -

۶- پیرا مقناطیسی (Para-magnetic) نمکیات کی مقناطیسی اثر پذیری (Magnetic susceptibility) نیچے ٹمپریچروں پر بڑھتی جاتی ہے اور مطلق ٹمپریچر کے بالعکس متناسب ہوتی ہے -

۷- دھاتوں کی برقی مزاحمت (Electric resistance) نیچے ٹمپریچروں پر بڑی تیزی سے گھٹتی ہے اور رفتہ رفتہ معدوم ہوجاتی ہے - مثلاً پارے کی برقی مزاحمت (Electric resistance) 4·1°K پر ، سیسے کی 7·2°K پر اور قلعی کی 3·8°K پر پہنچ کر صفر ہوجاتی ہے - تانبے کا تو یہ حال ہے کہ اس کی برقی مزاحمت 40°K پر ہی اتنی کم ہو جاتی ہے کہ اس کا ہونا نہ ہونا برابر ہوتا ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ نیچے ٹمپریچر پر تانبا ، سیسہ ، قلعی اور پارہ برق کے کامل

موصل (Perfect conductor) ہو جاتے ہیں اور ان کی ایصالیت (Conductivity) معمول سے اونچے درجے کی ہو جاتی ہے۔ اسے بالا ایصالیت (Super conductivity) کہتے ہیں۔ اس کا نتیجہ یہ ہے کہ اگر ان دھاتوں کے باریک سے تار میں بھی جب برق رو گزاری جائے تو تار گرم ہونے نہیں پاتا۔ ایک تجربے میں قلعی کے ایک باریک تار میں، جو 3°K کے ٹمپریچر پر تھا، 1000 ایمپیئر (Ampere) کی بھاری برق رو ایک بڑے عرصے تک گزاری گئی مگر پھر بھی تار کے اندر حرارت پیدا ہونے اور اس کے ٹمپریچر کے بڑھنے کے کوئی آثار نمایاں نہ ہوئے۔

ایک اور تجربے میں اونس (Onnes) نے سیسے کے ایک چھلے کو مائع ہیلیئم کے فلاسک میں ڈبو کر رکھا جب کہ یہ فلاسک ایک برق مقناطیس (Electro-magnet) کے سروں کے درمیان اور اس وجہ سے ایک مقناطیسی میدان میں ٹکا ہوا تھا۔ جب برق رو بند کرکے مقناطیسی میدان کو ختم کر دیا گیا تو برق مقناطیسی امالے (Electro-magnetic induction) کے تحت چھلے میں ایک برق رو یعنی کرنٹ (Current) پیدا ہوگئی عام حالات میں یہ برق رو پیدا ہو کر بہت قلیل عرصے کے بعد بند ہوجاتی ہے، لیکن اس خاص حالت میں یہ برق رو کئی دنوں تک چھلے میں چلتی رہی جس کی وجہ یہ تھی کہ سیسے کے چھلے کی برق مزاحمت قریباً صفر ہوچکی تھی۔

اس ضمن میں یہ یاد رکھنا ضروری ہے کہ نیچے ٹمپریچروں پر بالا ایصالیت (Super conductivity) کی یہ خاصیت تمام دھاتوں میں نہیں پائی جاتی۔ صرف چند دھاتیں اور بھرت (Alloy) ھی یہ غیر معمولی خاصیت ظاہر کرتے ہیں۔ اس غیر معمولی خاصیت کی کوئی تسلی بخش سائنسی توجیہہ ابھی تک پیش نہیں کی جاسکی۔

۸- مائع ہیلیئم پر اگر دباؤ 25 کرہ ہوائی سے کم رہے تو وہ کبھی ٹھوس حالت میں منتقل نہیں ہوتی خواہ اس کا ٹمپریچر کتنا ھی کم مثلاً 1°K سے بھی نیچا کر دیا جائے۔ جب مائع ہیلیئم کا ٹمپریچر

2°K سے نیچے ہوتا ہے تو اس میں بہنے کی استعداد بہت زیادہ بڑھ جاتی ہے اور اس کی اندرونی رگڑ (Internal friction) صفر ہو جاتی ہے جس کے باعث وہ باریک سے باریک نلی میں سے بھی بڑی آسانی اور تیز رفتاری سے بہہ جاتی ہے۔ اس وجہ سے 2°K سے نیچے کی اس مائع ہیلیئم کو ہیلیئم II کا نام دیا گیا ہے اور اس میں بہنے کی جو غیرمعمولی طور پر بڑھی ہوئی خاصیت پائی جاتی ہے اسے بالا سیالیت (Super fluidity) کہتے ہیں۔

سرد کار مشین (Refrigeration Machine) - سرد کار مشین سے وہ مشین مراد ہوتی ہے جس کے ذریعے مصنوعی طور پر عام موسمی ٹمپریچر سے نیچے درجے کا ٹمپریچر پیدا کیا جاتا اور برقرار رکھا جاتا ہے۔ اس طور سے مصنوعی ٹھنڈک پیدا کرنے کو **سرد کاری** (Refrigeration) کہتے ہیں۔

سرد کاری کے تین بڑے فائدے ہیں - (اول) اس سے پانی کی برف بنائی جاتی ہے جو ایک قابل فروخت تجارتی جنس ہے - (دوم) اسے گھروں میں خوراک وغیرہ کو محفوظ رکھنے اور آئس کریم بنانے کے کام میں لایا جاتا ہے - (سوم) اس سے گرم موسم میں کمرے میں مصنوعی ٹھنڈک پیدا کی جاتی ہے جسے عرف عام میں **ہوا سدھار** (Air conditioning) کہتے ہیں - ان تینوں مقاصد کے لیے علیحدہ علیحدہ قسم کی مشینیں ایجاد کی گئی ہیں جو اصول میں مشترک ہونے کے باوجود ساخت میں مختلف ہوتی ہیں اور اس لیے ان کو الگ الگ نام دیے گئے ہیں - چنانچہ برف بنانے کی سرد کار مشین کو جو برف کے کارخانوں میں استعمال ہوتی ہے، **آئس پلانٹ** (Ice plant) کہتے ہیں، گھروں میں خوراک وغیرہ کی اشیاء کو محفوظ رکھنے کے لیے جو سرد کار مشین مستعمل ہے، وہ **ریفریجریٹر** (Refrigerator) کہلاتی ہے اور کمرے کو ٹھنڈا کرنے کے لیے جس سرد کار مشین سے کام لیا جاتا ہے اس کو **ہوا سدھار مشین** (Air conditioner) کہا جاتا ہے -

سرد کار مشینوں کا اصول - سرد کار مشینوں (Refrigerating machines) کا بنیادی اصول یہ ہے کہ پہلے ایک گیس کو دباؤ

ڈالنے سے مائع بنایا جاتا ہے اور پھر اس مائع کو تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہونے دیا جاتا ہے - تبخیر ہونے والا مائع ارد گرد سے وہ حرارت جذب کرتا ہے جو تبخیر کی مخفی حرارت کے مطابق آسے گیسی حالت میں تبدیل کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے - اس وجہ سے ارد گرد کا ٹمپریچر گر جاتا ہے اور وہاں مصنوعی ٹھنڈک پیدا ہو جاتی ہے -

اس اصول کے مطابق جن گیسوں کو سرد کار مشینوں میں استعمال کیا جاتا ہے وہ امونیا اور سلفر ڈائی اوکسائڈ ہیں - مگر حال میں ایک اور شے فری آن (Freon) بھی اس مقصد کے لیے استعمال ہونے لگ گئی ہے - برف کے کارخانے میں پانی کو بڑے پیمانے پر منجمد کرکے برف بنانے میں عموماً امونیا کا استعمال کیا جاتا ہے اور اس لیے برف بنانے والی اس مشین کو امونیائی برف خانہ یا امونیا آئس پلانٹ (Ammonia ice plant) کہتے ہیں - گھروں میں استعمال ہونے والے ریفریجرٹروں (Refrigerators) میں بھی امونیا کا استعمال تو ہو سکتا ہے مگر بالعموم اس کی بجائے سلفر ڈائی اوکسائڈ یا فری آن (Freon) کو کام میں لایا جاتا ہے -

سرد کار مشینوں میں استعمال ہونے والی شے کے خواص - سرد کار مشین میں جو بھی شے ٹھنڈک پیدا کرنے کے لیے استعمال کی جائے اس میں ذیل کی خوبیاں ہونی چاہئیں :

۱ - اس شے کی تبخیر کی مخفی حرارت (Latent heat of vaporisation) بہت زیادہ ہو تاکہ وہ گیسی حالت میں تبدیل ہونے میں زیادہ سے زیادہ حرارت جذب کر سکے اور ایک خاص درجے کی ٹھنڈک پیدا کرنے کے لیے اس شے کی تھوڑی مقدار کی ضرورت پڑے -

۲ - عام ٹمپریچر اور دباؤ پر تو وہ شے گیسی حالت میں ہو مگر جب اس کو معمولی سا ٹھنڈا کرکے اس پر بھاری دباؤ ڈالا جائے تو وہ آسانی سے مائع حالت میں منتقل ہو جائے -

۳ - جس خانے میں وہ شے مائع حالت میں تبخیر ہو کر ٹھنڈک پیدا کرتی ہے اس خانے کا ٹمپریچر قریباً 15°C– ہوتا ہے اس لیے

اس شے کا بخاراتی دباؤ $15°C$ – پر کرہ ہوائی کے دباؤ سے زیادہ ہونا چاہیے تا کہ بیرونی ہوا کی کثافتیں مشین کے اندر راہ نہ پا سکیں۔

۴ - جس خانے میں اس شے کے بخارات تکثیف (Condense) ہو کر مائع بنتے ہیں، اس خانے کا ٹمپریچر عموماً $30°C$ ہوتا ہے - اس لیے وہ شے ایسی ہونی چاہیے کہ $30°C$ پر آتے گیسی حالت سے مائع حالت میں منتقل کرنے کے لیے جس دباؤ کی ضرورت پڑے وہ بے حد زیادہ نہ ہو ورنہ اس شے کے بخارات کے لیک (Leak) کر جانے کا خطرہ رہے گا۔

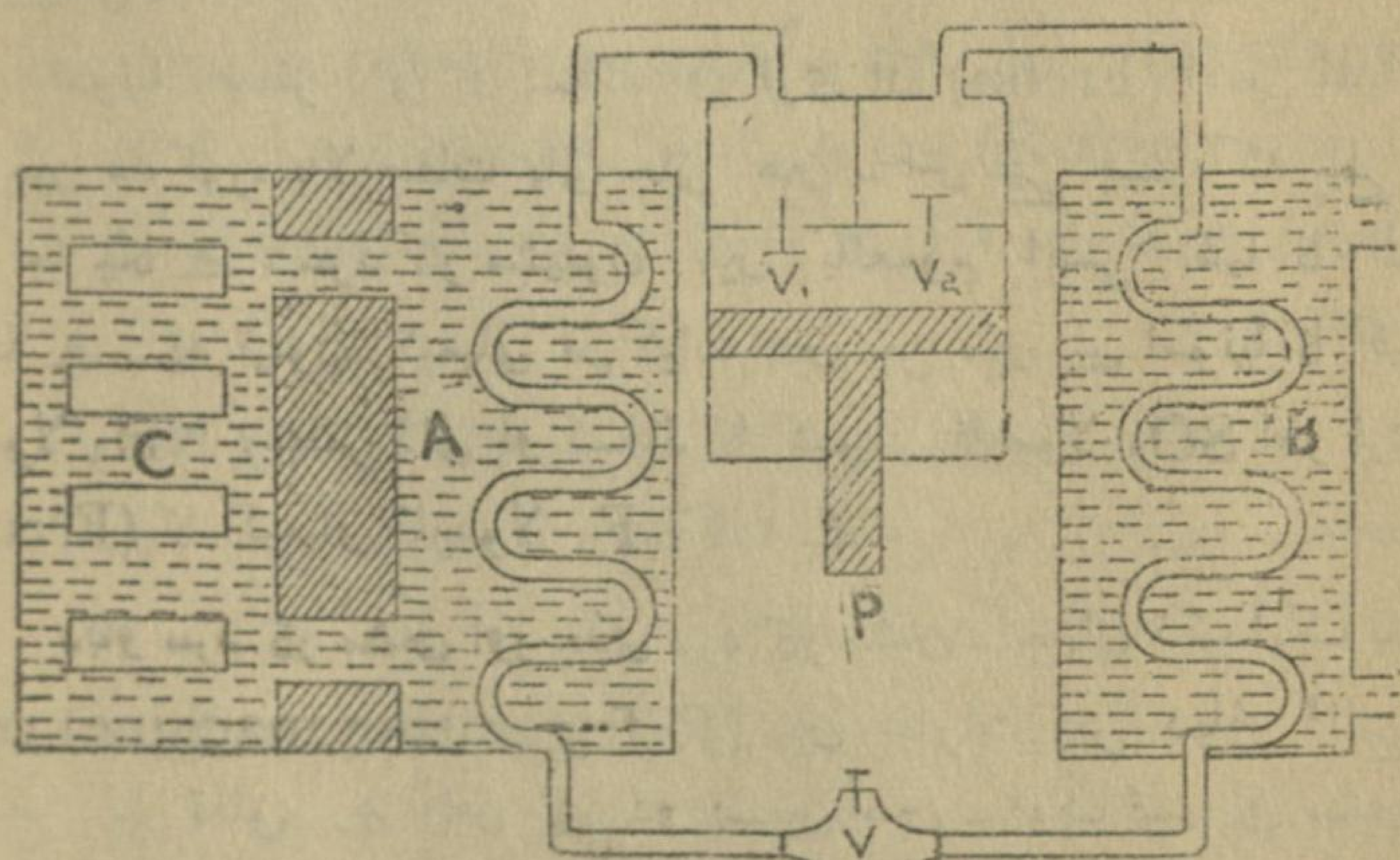
۵ - اس شے کے بخارات کا حجم مخصوصہ (Specific volume) بہت زیادہ نہ ہو ورنہ بہت بڑا دباؤ پمپ استعمال کرنے کی ضرورت پیش آ جائے گی۔

امونیا، سلفر ڈائی اوکسائڈ اور فری آن (Freon) ایسی اشیا ہیں جن میں مذکورہ بالا صفات پائی جاتی ہیں - اس لیے جیسا کہ پہلے بیان کیا جا چکا ہے، سرد کار مشینوں میں بالعموم ایسی اشیا کا استعمال ہوتا ہے - یہ تینوں کیمیائی مرکبات ہیں جن میں سے امونیا کا کیمیائی فارمولا NH_3، سلفر ڈائی اوکسائڈ کا کیمیائی فارمولا SO_2 اور فری آن (Freon) کا کیمیائی فارمولا CCl_2F_2 ہے۔

دباؤ سرد کار مشین اور جذبی سرد کار مشین - جہاں تک ایک سرد کار مشین (Refrigerating machine) میں بخارات پر دباؤ ڈالنے کے ذریعے کا تعلق ہے اس کی دو قسمیں ہیں - ایک قسم کی مشین میں بخارات پر ایک پمپ کے پسٹن سے دباؤ ڈالا جاتا ہے - ایسی مشین کو **دباؤ سرد کار مشین** (Compression refrigerating machine) کہا جاتا ہے - دوسری قسم کی مشین میں بخارات کو پانی یا کسی دوسرے حل کنندہ میں پہلے حل کر دیا جاتا ہے اور پھر اس محلول کو حرارت پہنچائی جاتی ہے، جس سے وہ بخارات تیزی سے محلول میں سے نکلتے ہیں اور ایک جا جمع ہونے سے ان پر خود بخود بھاری دباؤ پڑنے لگ جاتا ہے - یہ **جذبی سرد کار مشین** (Absorption refrigerating machine) کہلاتی ہے۔

ان دونوں قسموں کی مشینوں میں سے جدید امونیا آئس پلانٹ (Modern ammonia ice plant) پہلی قسم یعنی دباؤ ٹائپ میں شامل ہے اور الیکٹرولکس ریفریجریٹر (Electrolux refrigerator) ، دوسری قسم یعنی جذبی ٹائپ کی سرد کار مشین ہے ۔ اس دونوں کا تفصیلی تذکرہ حسب ذیل ہے :

جدید امونیا آئس پلانٹ ۔ سردکار مشینوں میں سے یہ وہ مشین ہے جو بڑے پیمانے پر برف بنانے کے کام آتی ہے ۔ اس میں دھات کی نلیوں کے دو لچھے یعنی کوائل (Coil) A اور B اوپر سے ایک دباؤ پمپ P میں سے اور نیچے سے ایک ناظم والو (Regulating valve) V میں سے ملے ہوئے ہوتے ہیں ۔ کوائل A کو ایک بڑی ٹانچی میں ڈبو کر



رکھا جاتا ہے جس میں نمک کا پانی بھرا رہتا ہے اور B لچھے کے گرد ایک ایسی ٹانچی ہوتی ہے جس میں ٹھنڈا پانی مسلسل طور پر بہتا رہتا ہے ۔ پینے کا پانی ، جسے برف میں منجمد کرنا مقصود ہو ، لوہے کے بڑے بڑے صندوقوں میں بھر کر ایک اور ٹانچی میں ، جو A لچھے والی ٹانچی سے ملی ہوئی بلکہ اس کا ایک زائد حصہ ہوتی ہے، رکھ دیا جاتا ہے ۔ دباؤ پمپ (Compression pump) P میں دو والو V_1 اور V_2 ہوتے ہیں ۔ ان میں سے والو V_1 باہر کو اور والو V_2 اندر کو کھلتا ہے ۔

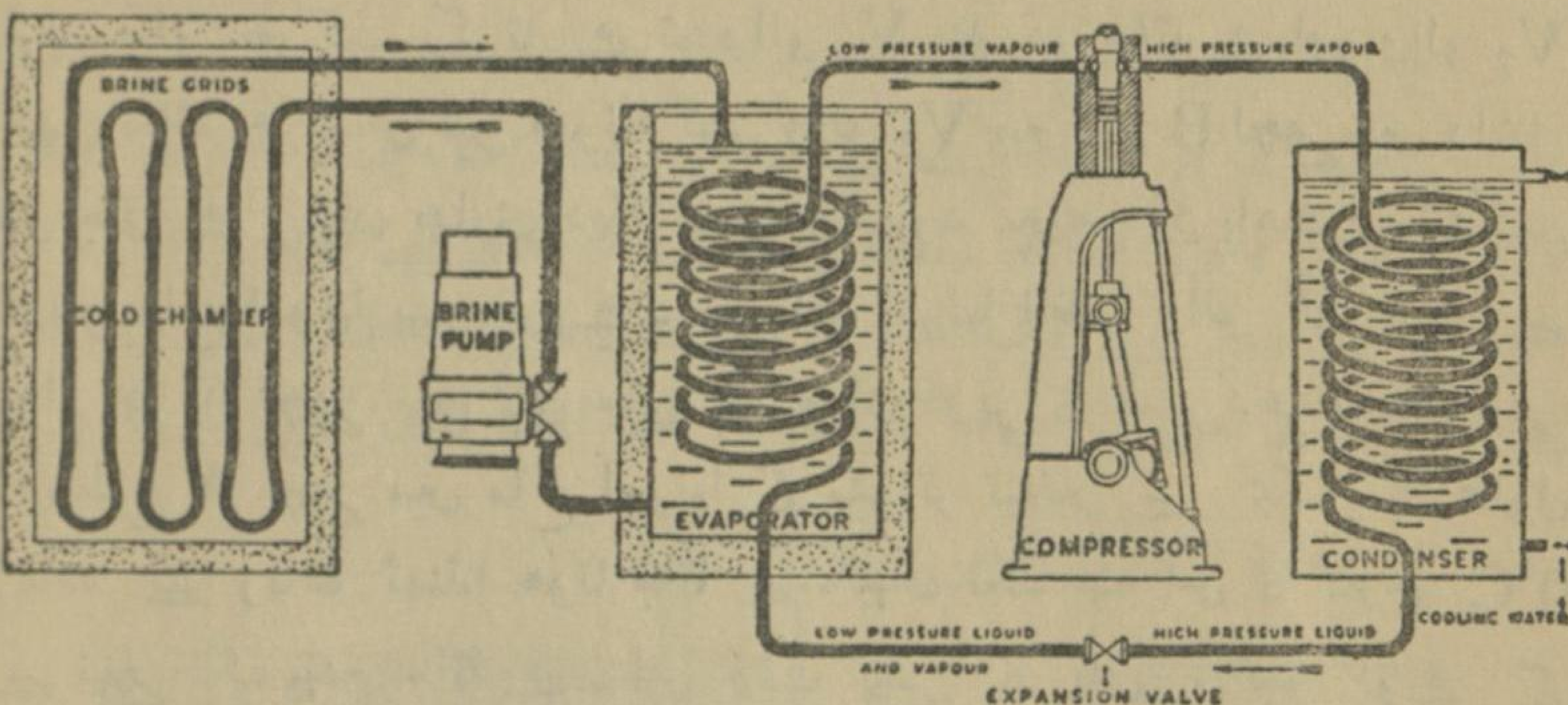
اس مشین سے کام لینے کے لیے مائع امونیا کو A لچھے میں ڈال کر پمپ کو چلا دیا جاتا ہے - جب پمپ کا ڈاٹ باھر کو حرکت کرتا ہے تو A لچھے میں سے کچھ مائع امونیا عمل تبخیر کے باعث گیس میں تبدیل ہو کر والو V_1 میں سے پمپ میں داخل ہو جاتی ہے اور تبخیر کے اس عمل سے نمک کے محلول کا ٹمپریچر گر جاتا ہے - جب ڈاٹ اندر کی طرف کو حرکت کرتا ہے تو والو V_1 بند ہو جاتا ہے اور والو V_2 کھل جاتا ہے - اس لیے امونیا گیس والو V_2 میں سے B لچھے میں داخل ہو جاتی ہے - یہاں بھاری دباؤ اور نسبتاً سرد ٹمپریچر کے باعث امونیا گیس دوبارہ مائع امونیا بن جاتی ہے - یہ مائع امونیا ناظم والو V میں سے گزار کر A لچھے میں لائی جاتی ہے جہاں اوپر کا عمل دھرایا جاتا ہے - اس طرح A لچھے میں مائع امونیا کے متواتر تبخیر سے نمک کا محلول زیادہ سے زیادہ ٹھنڈا ہوتا جاتا ہے ، یہاں تک کہ اس کا ٹمپریچر 0°C سے نیچے تک پہنچ جاتا ہے - اس وقت پینے کا پانی ، جو لوہے کے صندوقوں میں بند ہو کر نمک کے اس محلول میں پڑا ہوتا ہے ، منجمد ہو کر برف بن جاتا ہے - اس کے بعد ان صندوقوں کو باھر لا کر ان میں سے برف کی سلیں نکال لی جاتی ہیں اور صندوقوں میں تازہ پانی بھر کر انھیں منجمد ہونے کے لیے نمک کے محلول میں دوبارہ رکھ دیا جاتا ہے -

اس پلانٹ میں امونیا کی ایک ھی مقدار بار بار استعمال کر لی جاتی ہے اور اس لیے اس برف خانے میں خرچ محض اس مشینی طاقت پر آٹھتا ہے جو پمپ کو چلانے اور B لچھے کے گرد پانی کے مسلسل بہاؤ کو قائم رکھنے کے لیے درکار ھوتی ہے - یہ مشینی طاقت مختلف قسم کے حرارتی انجنوں یا بجلی سے حاصل کی جاتی ہے -

اس پلانٹ کے ضمن میں یہ بات قابل غور ہے کہ جب نمک کے محلول کا ٹمپریچر 0°C سے ذرا کم ھوتا ہے تو پینے کا پانی منجمد ھو کر برف میں منتقل ھو جاتا ہے، مگر نمک کا یہ محلول خود مائع حالت ھی میں رہتا ہے کیونکہ نمک کے محلول کا نقطۂ انجماد 0°C سے کافی نیچے ھوتا ہے -

اس بیان سے معلوم ہو جاتا ہے کہ A کوائل کے گرد ٹانچی میں پانی کی بجائے نمک کا محلول کیوں استعمال کیا جاتا ہے ؟

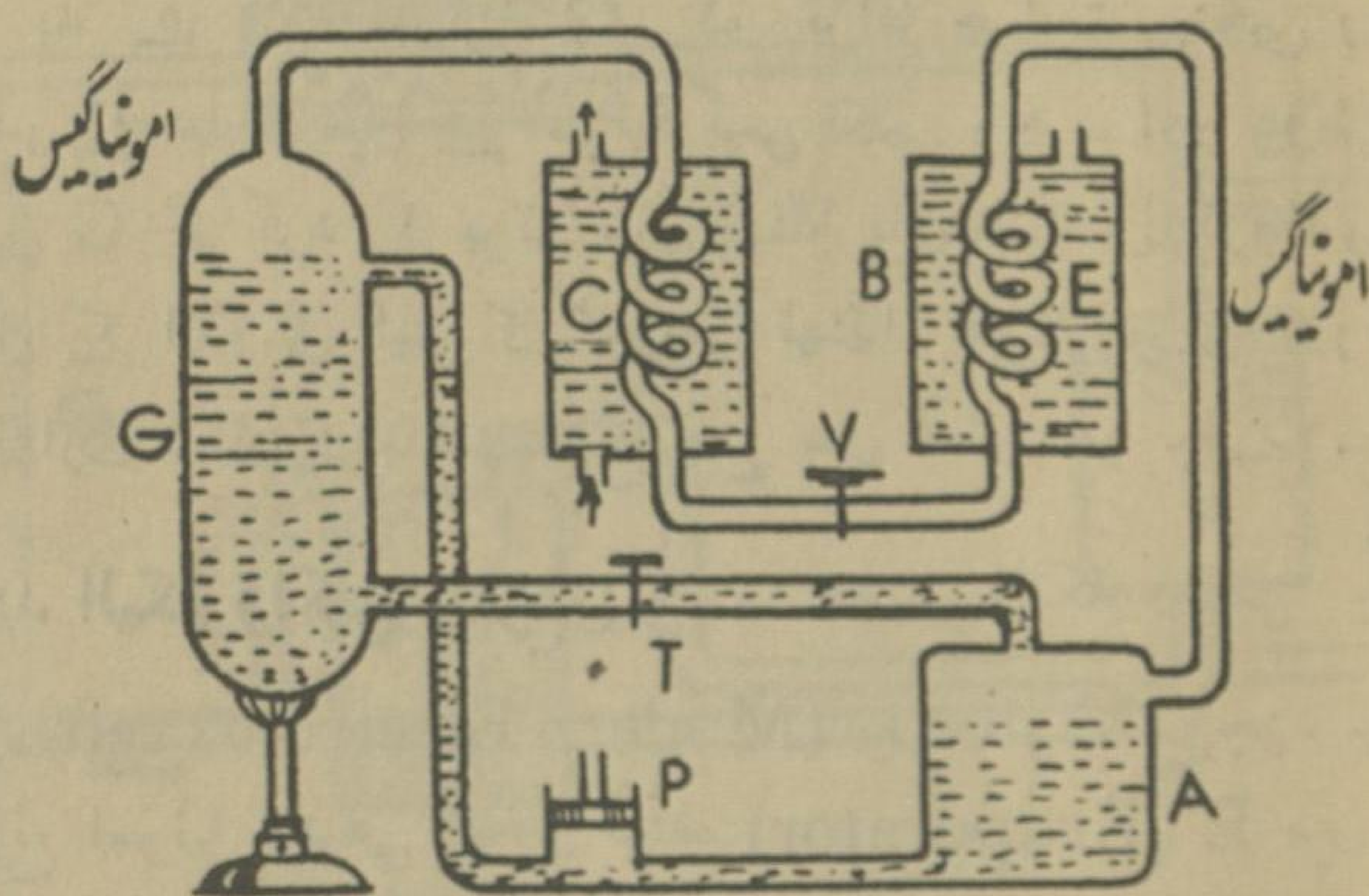
اس قسم کے پلانٹ کی ایک خوبصورت اور ذرا پیچیدہ سی تصویر نیچے دی گئی ہے -



الیکٹرولکس ریفریجریٹر (Electrolux refrigerator) - جیسا کہ پہلے بیان ہو چکا ہے یہ ایک جذبی سرد کار مشین (Absorption refri-gerating machine) ہے - اس میں سرد کار شے کے طور پر امونیا کا استعمال کیا جاتا ہے اور پانی سے کم ٹمپریچر پر امونیا کے جذب کرنے اور زیادہ ٹمپریچر پر امونیا کے خارج کرنے کا کام لیا جاتا ہے - کیونکہ 16°C پر پانی اپنے حجم سے قریباً 1000 گنا زیادہ امونیا گیس کو جذب کر لیتا ہے اور جب پانی میں امونیا کے اس محلول کو گرم کیا جاتا ہے تو محض 27°C ٹمپریچر پر پہنچ کر امونیا گیس اس میں سے خارج ہو جاتی ہے -

سادہ صورت میں اس سرد کار مشین کی تفصیل حسب ذیل ہے -
G ایک چوڑا برتن ہے جس میں امونیا کا محلول ، جو پانی میں اس گیس کے حل کرنے سے بنایا جاتا ہے ، پڑا ہے - جب اس کو حرارت پہنچائی جاتی ہے تو اس میں سے امونیا گیس خارج ہوتی ہے اور ایک پتلی نلی میں سے ہوتی ہوئی لچھے یعنی کوائل C میں آتی ہے جو ایک ایسے برتن میں ڈوبا ہوتا ہے جس میں ٹھنڈا پانی گردش کرتا رہتا ہے - یہ کوائل

مکثفہ (Condensor) کا کام دیتا ہے کیونکہ اس میں جب امونیا گیس جمع ہوتی جاتی ہے تو اس کا دباؤ بڑھتا جاتا ہے اور وہ پانی کے ٹھنڈے ٹمپریچر اور اپنے ہی بھاری دباؤ کے باعث بالآخر مائع کی حالت میں تبدیل ہو جاتی ہے - یہ مائع امونیا ایک ناظم والو (Regulating valve) V میں سے گزر کر ایک اور کوائل یعنی لچھے E میں آتی ہے جہاں



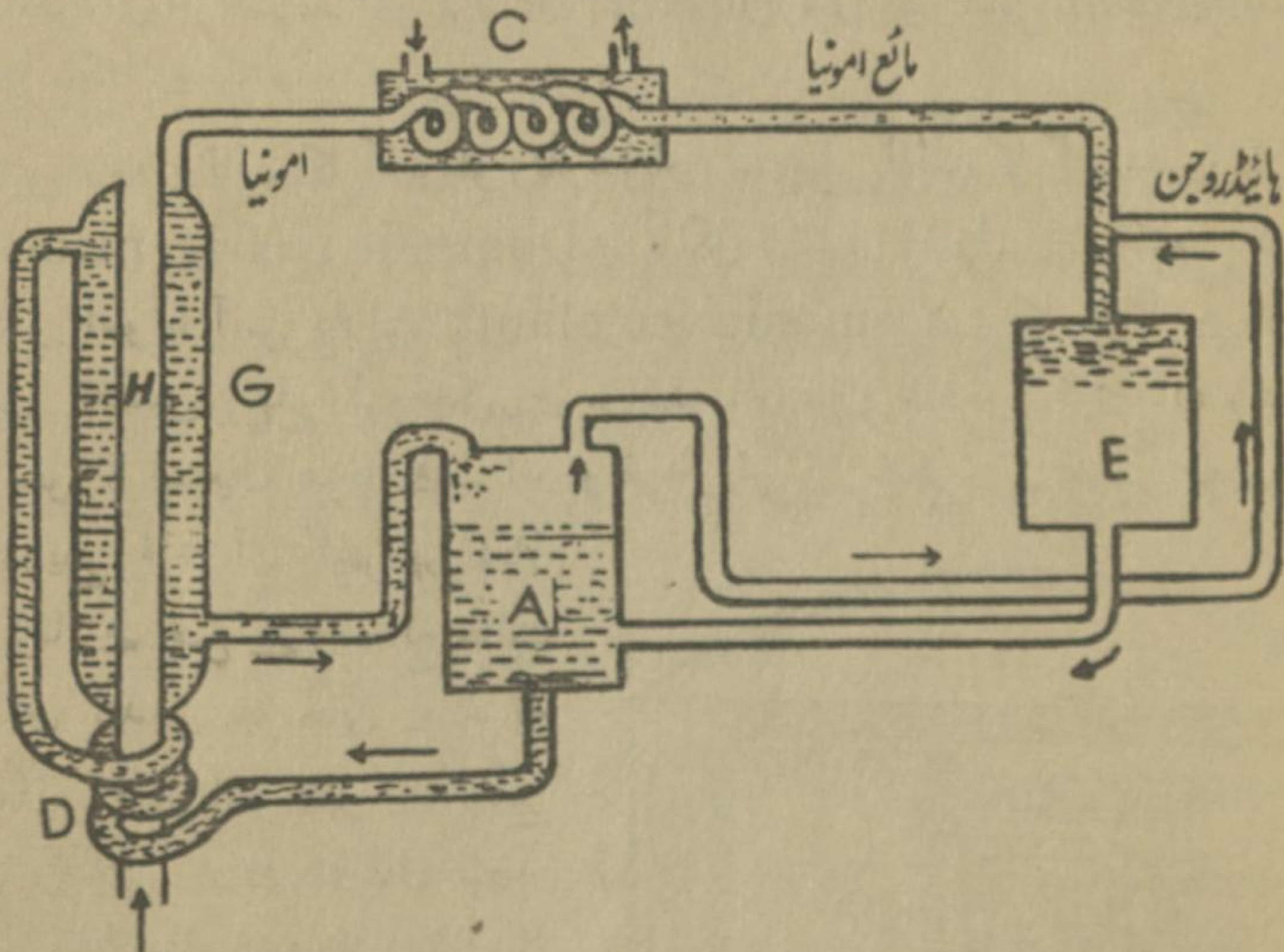
کم دباؤ ہونے کے باعث اس کی تبخیر ہوتی ہے - یہ کوائل E ایک برتن B کے اندر رکھا ہوتا ہے جس میں نمک کا محلول (Brine) بھرا ہوتا ہے - مائع امونیا کو تبخیر ہونے کے لیے اپنی مخفی حرارت (Latent heat) کے مطابق حرارت جذب کرنی پڑتی ہے جسے وہ اس نمکین پانی سے حاصل کرتی ہے ، اس وجہ سے نمکین پانی کا ٹمپریچر گر جاتا ہے - تبخیر ہونے کے بعد امونیا ، جو اب گیسی حالت میں ہوتی ہے ، ایک چوڑے برتن A میں آتی ہے جس میں پانی بھرا ہوتا ہے - اس برتن میں وہ حل ہو کر امونیا کا محلول بنا دیتی ہے - یہ محلول ایک پمپ P کے ذریعے پہلے برتن G میں لایا جاتا ہے جہاں اس پر پہلے کا سا عمل دھرایا جاتا ہے - اس طرح جب کوائل E کے اندر مائع امونیا بار بار تبخیر ہوتی ہے تو نمک کے محلول کا ٹمپریچر گرتا ہے اور اسے مطلوبہ حد تک لایا جا سکتا ہے - شکل میں پہلے برتن G میں سے ایک نلی نیچے سے شروع ہو کر برتن A کے اوپر تک آتی ہے جس کے درمیان میں

ایک ٹیپ T (Tap) لگا ہوا ہے ۔ اس ٹیپ کو وقتاً فوقتاً کھولنے سے برتن G کے نیچے کا محلول ، جو نسبتاً ہلکا ہوتا ہے ، برتن A میں لایا جاتا ہے جہاں وہ امونیا گیس کے گھلنے سے گاڑھا اور سیرشدہ (Saturated) بنتا ہے اور پھر یہ سیر شدہ اور گاڑھا محلول پمپ کے چلنے پر برتن G کے اوپر کے حصے میں آ جاتا ہے ۔

اس ریفریجریٹر کو چلانے کے لیے دو باتیں ضروری ہوتی ہیں ۔ ایک تو یہ ہے کہ برتن G کو برابر حرارت پہنچتی رہے تا کہ اس کے اندر کے محلول میں سے امونیا گیس نکلتی رہے ۔ اور دوسری یہ ہے کہ کوائل C کے گرد کے برتن میں ٹھنڈا پانی مسلسل گزرتا رہے تا کہ اس کوائل کے اندر کی گیس کا ٹمپریچر ٹھنڈا ہوتا رہے اور اس سے گیس کو بھاری دباؤ کے ماتحت مائع بننے میں آسانی ہو جائے ۔

جدید الیکٹرولکس ریفریجریٹر ۔ جدید الیکٹرولکس ریفریجریٹر (Modern Electrolux refrigerator) میں والو V موجود نہیں ہوتی ۔ اس لیے مائع امونیا سیدھی تبخیر کنندہ (Evaporator) E میں آتی ہے ۔ یہاں اس میں ہائیڈروجن گیس آ کر ملتی ہے ۔ برتن E کے اندر کا دباؤ ہائیڈروجن اور تبخیر شدہ امونیا کا مجموعی دباؤ ہوتا ہے جس کی قیمت قریباً 12 کرہ ہوائی دباؤ کے برابر ہوتی ہے ۔ اس میں سے ہائیڈروجن کا اپنا دباؤ قریباً 9 کرہ ہوائی (Atmosphere) ہوتا ہے ، اس لیے ڈالٹن کے جزوی دباؤ کے قانون (Dalton's law of partial pres-sure) کے ماتحت امونیا گیس کا دباؤ 3 کرہ ہوائی رہ جاتا ہے ۔ یہ دباؤ امونیا کے سیر شدہ بخاراتی دباؤ (Saturated vapour pressure) سے کم ہوتا ہے ، اس لیے برتن E میں مائع امونیا کی تبخیر تیزی سے اور جلد جلد ہوتی ہے ۔ برتن E میں سے اب ہائیڈروجن گیس اور امونیا گیس مل کر آمیزہ بناتی ہیں ۔ یہ آمیزہ خالی ہائیڈروجن سے بھاری ہونے کے باعث برتن E کے نیچے آتا ہے اور پھر برتن A کے اندر پانی میں چلا جاتا ہے ۔ یہاں امونیا گیس پانی میں حل ہو کر امونیا کا گاڑھا محلول بنا دیتی ہے ، مگر

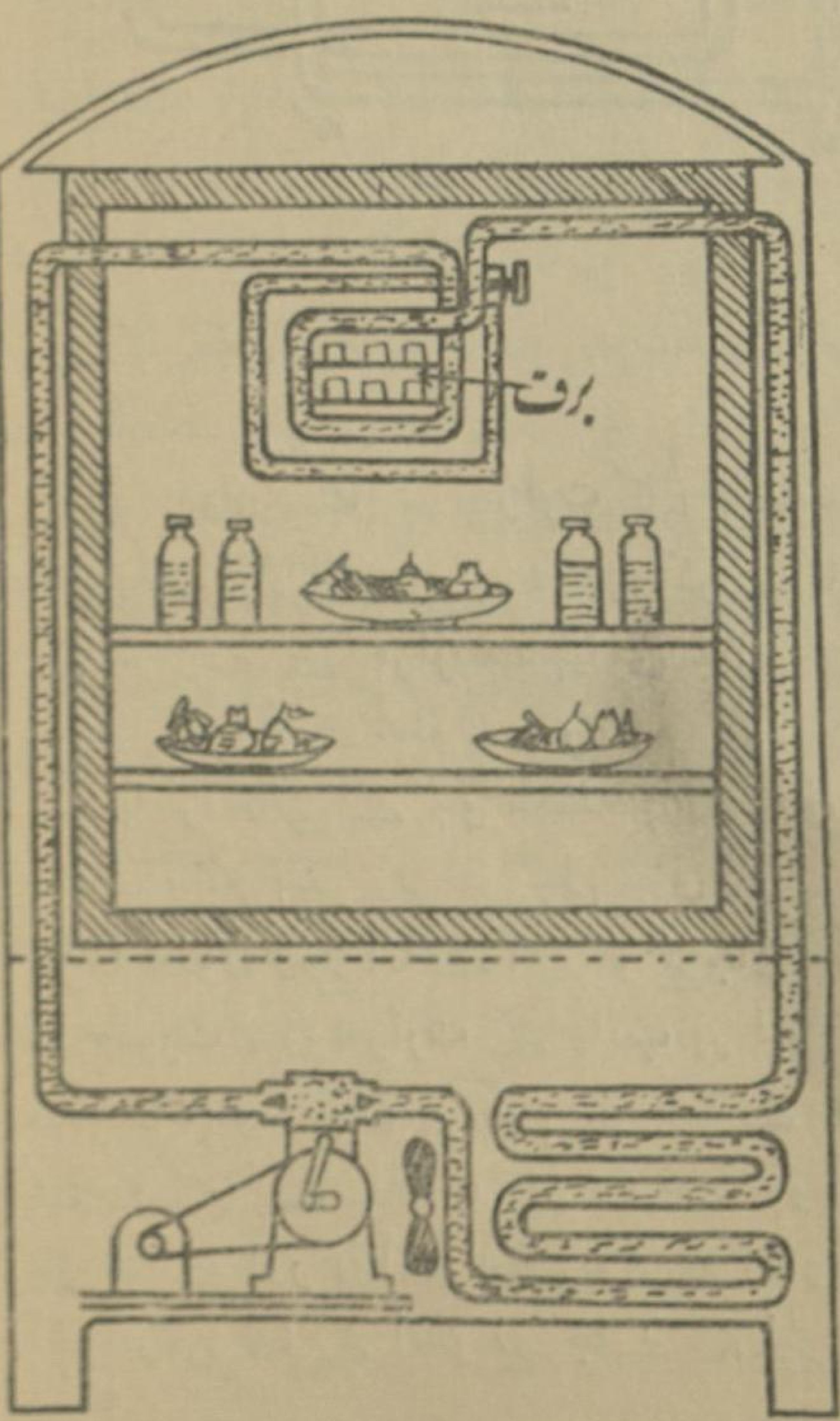
ہائیڈروجن پانی میں حل نہیں ہوتی اور جوں کی توں اوپر سے ایک نلی میں سے گزر کر برتن E کے اوپر آ جاتی ہے جہاں وہ امونیا کے ساتھ پہلے کی طرح ملتی ہے اور یہ سلسلہ جاری رہتا ہے - برتن A میں سے امونیا کا گاڑھا محلول نیچے کی نلی سے آتا ہے - یہ نلی D کے مقام پر ایک کوائل کی صورت میں ہوتی ہے جو حرارت کے پائپ کے ساتھ لپٹی



ہوئی ہوتی ہے - حرارت کا یہ پائپ برتن G کے اندر سے گزرتا ہے - اس پائپ کے اندر بھاپ داخل کرنے یا تیل وغیرہ کے جلانے یا برقی رو کے گزارنے سے حرارت مہیا کی جاتی ہے - یہ حرارت برتن G کے اندر امونیا کے گاڑھے محلول کو گرم کرتی ہے اور اس میں سے امونیا گیس کو باہر نکالتی ہے جو مکثفہ (Condensor) C کے اندر بھاری دباؤ کے ماتحت مائع بننے کے لیے چلی جاتی ہے - چونکہ برتن A میں امونیا کا جو گاڑھا محلول نیچے آتا ہے اس کو لے جانے والی نلی D کے مقام پر ایک کوائل کی صورت میں حرارت کے پائپ پر لپٹی ہوئی ہوتی ہے ، اس لیے اس کے اندر کا محلول یہاں پر گرم ہوجاتا ہے اور ترسیل حرارت (Convection of heat) کے اصول پر وہ ہلکا ہو کر بائیں طرف کی نلی میں اوپر چڑھتا ہے اور بالآخر برتن G کے اندر چلا جاتا ہے - اس طرح اس محلول کو برتن G کے اندر لے جانے کے لیے پمپ کی حاجت نہیں رہتی -

گھریلو ریفریجریٹر (Domestic refrigerators) - گھریلو ریفریجریٹر مذکورہ بالا دونوں اصولوں پر بنائے جاتے ھیں یعنی وہ دباؤ ٹائپ (Compression type) بھی ھوتے ھیں اور جذبی ٹائپ (Absorption type) بھی ھوسکتے ھیں - ان ریفریجریٹروں میں امونیا، سلفرڈائی اوکسائڈ اور فری آن (Freon) میں سے کسی ایک کا استعمال کیا جا سکتا ھے -

پہلے ٹائپ کا گھریلو ریفریجریٹر - پہلے ٹائپ کا گھریلو ریفریجریٹر (Domestic refrigerator) بالکل اسی اصول پر کام کرتا ھے جو امونیا آئس پلانٹ (Ammonia ice plant) کا ھوتا ھے اور جس کی تفصیل پہلے گزر چکی ھے - البتہ اس میں بالعموم فری آن (Freon) گیس کا استعمال ھوتا ھے - اس ریفریجریٹر کے نیچے کے حصے میں پمپ کے ذریعے فری آن گیس پر دباؤ پڑتا ھے جس سے وہ مائع حالت میں تبدیل ھو جاتی ھے - یہ مائع فری آن اوپر کے حصے میں جاتی ھے اور وھاں تبخیر ھو کر ٹھنڈک پیدا کرتی ھے - اس اوپر کے حصے میں ٹمپریچر سب سے کم اور دودھ وغیرہ کے نقطۂ انجماد (Freezing point) سے نیچے گر جاتا ھے - اسے **فریزر** (Freezer) کہتے ھیں - یہاں پانی کو منجمد کر کے برف میں اور دودھ کو منجمد کر کے آئس کریم میں تبدیل کیا جا سکتا ھے - فریزر (Free-zer) کے گرد سے ٹھنڈی



فری آن (Freon) گیس اب نیچے کے بڑے حصے کے گرد گردش کرتی ھے اور اس خانے میں ٹھنڈک پہنچاتی ھے جو اس کے نیچے ھوتا ھے ۔ مگر اس خانے کا ٹمپریچر اتنا نہیں گرتا جتنا فریزر (Freezer) کے خانے کا گرتا ھے ۔ اس دوسرے خانے میں کھانے پینے کی چیزیں رکھی جاتی ھیں جو دیر تک تازہ حالت میں رھتی ھیں ۔

دوسرے ٹائپ کا گھریلو ریفریجریٹر ۔ دوسرے ٹائپ کا گھریلو ریفریجریٹر (Domestic Refrigerator) اسی اصول پر کام کرتا ھے جو الیکٹرولکس ریفریجریٹر (Electrolux Refrigerator) کا ھوتا ھے ۔ البتہ اس کی ساخت میں ایسی تبدیلیاں کر لی جاتی ھیں جس سے اس کے اندر ایک چھوٹے سے خانے کا ٹمپریچر 0°C سے نیچے تک گر جاتا ھے ۔ یہ خانہ فریزر (Freezer) کا کام دیتا ھے ۔ دوسرے خانے میں جو اس سے بڑا ھوتا ھے ، ٹھنڈک نسبتاً کم درجے کی ھوتی ھے اور اس لیے یہ خانہ کھانے پینے کی عام چیزوں کو محفوظ رکھنے کے کام آتا ھے ۔

ھوا سدھار (Air conditioning) ۔ قدرتی موسم ھمیشہ انسان کے سازگار نہیں رھتا ۔ کبھی سخت گرمی اسے ستاتی ھے ، کبھی سردی اس کی تکلیف کا باعث بنتی ھے ۔ کبھی آندھیاں آتی ھیں اور ھوا گرد و غبار سے اٹ جاتی ھے ۔ کبھی ھوا بند ھو جاتی ھے ۔ ھوا کے اندر رطوبت بھی کم و بیش ھوتی رھتی ھے ۔ بعض اوقات ھوا میں یہ رطوبت بہت بڑھ جاتی ھے اور ھوا آبی بخارات سے سیر (Saturated) ھو جاتی ھے ۔ اس وقت بدن سے پسینہ اڑنے نہیں پاتا اور انسان کو تکلیف دہ حبس کی شکایت ھوتی ھے ۔ بعض اوقات ھوا بے حد خشک ھو جاتی ھے اور جلد تڑکنے لگتی ھے ۔ قدرتی موسم کی ان خرابیوں کے لیے موجودہ زمانے میں ایک چھوٹی سی گھری ھوئی جگہ مثلاً ایک کمرے کے اندر مصنوعی طور پر ایسی تبدیلیاں لائی جاتی ھیں جس سے کمرے کی ھوا کا ٹمپریچر سخت گرمی کے موسم میں نیچا ھو کر اور سخت سردی کے موسم میں اونچا ھو کر ایسے درجے تک لایا جاتا ھے جہاں وہ انسان کے لیے آرام دہ ھو جاتا ھے ۔ علاوہ ازیں اگر ھوا بہت زیادہ مرطوب ھو

تو اس کی رطوبت کو کم کر کے اور اگر وہ بہت زیادہ خشک ہو تو اس کی رطوبت کو بڑھا کر ہوا میں ایک مناسب درجے کی نمی پیدا کر دیتی ہے ۔ ان تمام تدبیروں سے ہوا کو مصنوعی طور پر انسان کے آرام و آسائش کے مطابق بنانا سائنس کی اصطلاح میں **ہوا سدھار** (Air Conditioning) کہلاتا ہے ۔

آرام دہ موسمی حالات ۔ یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ انسان کے لیے آرام دہ ٹمپریچر کی حدود 75°F (یعنی 24°C) سے 80°F (یعنی 25°C) تک ہیں ۔ اگر ٹمپریچر 75°F سے کافی نیچا ہو جائے تو انسان کو سردی لگتی ہے اور اگر ٹمپریچر 80°F سے کافی اوپر ہو جائے تو وہ گرمی کی تکلیف محسوس کرتا ہے ۔ لیکن انسان کے لیے آرام دہ حالات پیدا کرنے میں جتنا دخل ٹمپریچر کا ہے اتنا ہی ہوا کی مرطوبیت (Humidity) کا بھی ہے ۔ چنانچہ آرام دہ حالات کے لیے جہاں ٹمپریچر کا 75°F سے 80°F کے درمیان ہونا لازم ہے ، وہاں یہ بھی ضروری ہے کہ ہوا کی اضافی مرطوبیت (Relative humidity) 50% اور 60% کے درمیان رہے ۔ اس ضمن میں یہ امر قابل ذکر ہے کہ کمرے کے اندر آرام دہ حالات کے معیار مختلف لوگوں کے لیے مختلف ہوتے ہیں ۔ یورپ اور امریکہ کے لوگ سرد آب و ہوا میں رہنے کے باعث سردی کے زیادہ عادی ہوتے ہیں اور اس وجہ سے ان کے لیے 75°C ٹمپریچر اور 60% اضافی مرطوبیت کو آرام دہ سمجھا جاتا ہے ۔ لیکن مشرقی ممالک مثلاً پاکستان کے لوگ گرم آب و ہوا میں رہنے کے باعث گرمی کے زیادہ عادی ہوتے ہیں اور اس وجہ سے ان کے لیے 80°C ٹمپریچر اور 50% اضافی مرطوبیت (Relative humidity) آرام دہ ہوتی ہے ۔

جہاں تک انسان کے لیے سردی یا گرمی کے احساس کا تعلق ہے اس کا انحصار ٹمپریچر اور رطوبت دونوں کے مجموعی اثر پر ہوتا ہے ، چنانچہ اگر ہوا کا ٹمپریچر تو 75°F ہی ہو لیکن ہوا کی اضافی مرطوبیت (Relative humidity) 90% یا 95% ہو جائے تو ہمیں گرمی محسوس ہونے لگتی ہے ۔ کیونکہ اس صورت میں پسینے کی تبخیر رک

جاتی ہے یا بے حد مدھم ہو جاتی ہے اور اس لیے بدن سے حرارت کا اخراج صحیح مقدار میں نہیں ہوتا - اس کے برعکس اگر ٹمپریچر تو بدستور 75°F (یعنی 21°C) ہی رہے لیکن ہوا کی اضافی مرطوبیت (Relative humidity) بہت کم یعنی 20% یا 25% ہو جائے تو بدن سے پسینے کی تبخیر بہت تیزی سے ہوتی ہے اور جسمانی حرارت کا اخراج زیادہ بڑی شرح سے ہوتا ہے جس کے باعث ہم کو سردی محسوس ہونے لگتی ہے - ہمارے ملک پاکستان میں موسم سرما کے بہت سے دنوں میں دن کے وقت ٹمپریچر 75°F کے لگ بھگ ہی رہتا ہے لیکن ہوا کی اضافی مرطوبیت (Relative humidity) 60% سے کافی کم ہوتی ہے اور اسی وجہ سے ہمیں سردی محسوس ہوتی ہے - البتہ اگر کسی دن بادل گھر آئیں اور ہوا میں رطوبت بڑھ جائے تو سردی لگنی بہت حد تک کم ہو جاتی ہے -

اوپر کی تفصیل سے ظاہر ہے کہ ہوا سدھار (Air conditioning) میں بنیادی حیثیت ٹمپریچر اور مرطوبیت کو حاصل ہے اور اس لیے ہوا سدھار میں اصل توجہ ٹمپریچر اور مرطوبیت کو مناسب حدود میں رکھنے ہی پر دی جاتی ہے - یورپ کے سرد ممالک میں سرما میں ٹمپریچر 75°F سے بہت نیچے گر جاتا ہے اس لیے وہاں ہوا سدھار کے لیے ٹمپریچر کو مصنوعی طور پر بڑھانے یعنی کمرے کو گرم کرنے کی ضرورت پڑتی ہے - موسم گرما میں وہاں کی ہوا کا ٹمپریچر پہلے ہی مناسب ہوتا ہے اس لیے اس کو مزید گھٹانے یعنی کمرے کو ریفریجریٹروں سے ٹھنڈا کرنے کی ضرورت بالعموم پیش نہیں آتی - البتہ مشرق کے بہت سے ممالک میں جن میں پاکستان بھی شامل ہے ، موسم گرما میں ٹمپریچر بہت بڑھا ہوا ہوتا ہے اور موسم کی گرمی تکلیف دہ ہو جاتی ہے اس لیے ان ملکوں میں ہوا سدھار (Air conditioning) کرنے کے لیے ٹمپریچر کو کم کرنے کا اہتمام کیا جاتا ہے اور اس مقصد کے لیے ریفریجریٹر کے اصول پر ٹھنڈک پیدا کرنے والے آلات استعمال کیے جاتے ہیں -

اس سے پہلے یہ لکھا جا چکا ہے کہ کسی محدود جگہ یعنی کمرے میں آرام دہ حالات پیدا کرنے کے لیے ٹمپریچر کا 75°F اور 77°F کے

درمیان اور اضافی مرطوبیت کا 50% اور 60% کے درمیان رہنا ضروری ہوتا ہے - لیکن یہ مثالی حالات ہر صورت میں مہیا نہیں ہوتے اور نہ فی الحقیقت اس کی ضرورت ہوتی ہے - کیونکہ اگر کسی وقت ہوا کی اضافی مرطوبیت مثال کے طور پر 40% ہو جائے تو جسم پر سے بلاشبہ پسینے کی تبخیر کا عمل تیز ہو جائے گا اور بدن کو ٹھنڈک محسوس ہوگی - لیکن اگر اس صورت میں موسمی ہوا کا ٹمپریچر 80°F کر دیا جائے تو تبخیر کی تیزی سے پیدا ہونے والی زائد ٹھنڈک کا اثر ٹمپریچر کی زیادتی سے پیدا ہونے والی حرارت سے زائل ہو جائے گا اور انسان کے لیے موسمی حالات 80°F ٹمپریچر اور 40% اضافی مرطوبیت پر اتنے ہی آرام دہ ہو جائیں گے جتنے 75°F ٹمپریچر اور 60% اضافی مرطوبیت پر ہوتے ہیں۔

آرام دہ حالات پیدا کرنے میں ٹمپریچر اور اضافی مرطوبیت کے علاوہ ایک تیسری چیز کا بھی دخل ہوتا ہے اور وہ ہوا کی رفتار ہے - ہوا کی رفتار تیز ہو تو بدن کے پسینے کی تبخیر تیز ہو جاتی ہے اور جسم کو ٹھنڈک محسوس ہوتی ہے لیکن ہوا کا زیادہ تیز ہونا دوسرے طریقے سے تکلیف دہ ہو جاتا ہے کیونکہ جب ہوا کے تیز جھونکے بدن کے ساتھ لگتے ہیں تو یہ امر بھی تکلیف کا موجب ہو جاتا ہے - اس کے برعکس اگر ہوا ساکن ہو تو بدن کے پسینے کی تبخیر کی شرح کم ہو جاتی ہے اور جسم کو گھٹن اور گرمی کا احساس ہوتا ہے - جہاں تک ہوا کی رفتار کا تعلق ہے آرام دہ حالات کے لیے یہ ضروری ہے کہ ہوا کی رفتار نہ تو 25 فٹ فی منٹ سے کم ہو اور نہ 75 فٹ فی منٹ سے زیادہ ہو -

ہوا سدھار (Air conditioning) میں جہاں تک اس کا تعلق ایک محدود جگہ یعنی کمرے وغیرہ سے ہے ، ٹمپریچر، اضافی مرطوبیت اور ہوا کی رفتار کے علاوہ ایک چوتھی چیز بھی ہے جس کا لحاظ رکھنا ضروری ہے ، اور وہ کمرے کی ہوا کا تبدیل ہوتے رہنا ہے - چنانچہ ہوا سدھار مشین (Air conditioning machine) میں یہ اہتمام بھی کیا جاتا ہے کہ کمرے کے اندر باہر سے تازہ ہوا بھی مناسب

مقدار میں آتی رہے - علاوہ ازیں ہوا کو گرد و غبار اور بعض دیگر کثافتوں سے پاک صاف رکھنا بھی ہوا سدھار کا ایک جزو سمجھا جاتا ہے - کیونکہ آرام دہ حالات کے لیے ان دونوں باتوں یعنی ہوا کی صفائی اور کمرے میں اس کی مناسب درآمد برآمد کی بھی ضرورت ہوتی ہے -

ہوا سدھار مشین (Air conditioning machine) - گرم ممالک میں کمرے وغیرہ کے اندر جو ہوا سدھار مشین (Air conditioning machine) مستعمل ہوتی ہے اس کا بڑا مقصد کمرے کے اندر ٹھنڈک پیدا کرنا ہوتا ہے - موسم گرما میں ان ممالک میں ہوا کا ٹمپریچر بہت بڑھا ہوا ہوتا ہے اور اس وجہ سے کمرے کے اندر بیٹھنے والوں کے لیے اس مصنوعی ٹھنڈک کی بہت ضرورت ہوتی ہے - یہ مصنوعی ٹھنڈک ریفریجریٹر کے اصول پر پیدا کی جاتی ہے -

موسم گرما میں ہمارے ملک میں ہوا کی مرطوبیت (Humidity) بالعموم بڑھی ہوئی ہوتی ہے - علاوہ ازیں جب ہوا کا ٹمپریچر گرتا ہے تو اس کی اضافی مرطوبیت (Relative humidity) بڑھ جاتی ہے - اس وجہ سے جب ہوا سدھار مشین کے ذریعے ہوا کے ٹمپریچر کو کم کیا جاتا ہے تو ساتھ ہی اس امر کی ضرورت بھی پیش آ جاتی ہے - کہ ہوا کی اس مرطوبیت (Humidity) کو کم کیا جائے - حسن اتفاق سے ہوا سدھار مشین میں یہ کام خود بخود سر انجام پا جاتا ہے کیونکہ جب ہوا کو ٹھنڈا کرنے کے لیے اس کو سرد کیے ہوئے لچھوں پر سے گزارا جاتا ہے تو جہاں ہوا کا ٹمپریچر گرتا ہے وہاں ہوا کے اندر کے بہت سے بخارات بھی مائع بن کر ان لچھوں کے ساتھ لگ جاتے ہیں اور ہوا سے جدا ہو جاتے ہیں جس کی وجہ سے ہوا کے ٹمپریچر کے گرنے کے ساتھ ساتھ اس کی مرطوبیت بھی کم ہو جاتی ہے -

کمرے میں آرام دہ حالات پیدا کرنے کے لیے یہ بھی ضروری ہوتا ہے کہ کمرے کے اندر کی ہوا مناسب شرح کے ساتھ تبدیل ہوتی رہے ، یعنی باہر کی ہوا اندر کی سدھاری ہوئی (conditioned) ہوا کے ساتھ

ملتی رہے ۔ اس بارے میں انداز لگایا گیا ہے کہ کمرے میں رہنے والے لوگوں کی تعداد کے مطابق 10 مکعب فٹ تازہ ہوا فی منٹ فی آدمی کے حساب سے کمرے کی ہوا کے ساتھ تبدیل ہوتی رہنی چاهیئے۔

آج کل شہروں کے اندر کارخانوں کی بہتات اور ٹریفک کی کثرت کے باعث ہوا میں دھوئیں اور گرد و غبار کے ذرات بہت زیادہ ہوتے ہیں، اس لیے ہوا کو کمرے میں داخل کرنے سے پہلے مختلف قسم کے فلٹروں (Filters) میں سے جو کھردرے کپڑے کی گدی یا دھات کی باریک چھلنی کی صورت میں ہوتے ہیں، گزارا جاتا ہے ۔ ایسا کرنے سے ہوا ان کثافتوں سے پاک صاف ہو جاتی ہے ۔ ہوا میں بیماریوں کے جراثیم اور بکٹیریا کو ہلاک کرنا بھی مناسب ہوتا ہے ۔ اس غرض کے لیے کمرے کے اندر آنے والی ہوا پر ایک خاص لیمپ کے ذریعے ماورا بنفشئی شعاعیں یعنی الٹرا وائلٹ شعاعیں (Ultra violet rays) ڈالی جاتی ہیں جو ان جراثیم اور بکٹیریا کو ہلاک کر دینے کی خاصیت رکھتی ہیں ۔

سرد ممالک میں جو ہوا سدھار مشین (Air conditioning machine) کمرے وغیرہ کے اندر استعمال ہوتی ہے، اس کا بڑا مقصد کمرے کو گرم کرنا ہوتا ہے ۔ موسم سرما میں ان ممالک میں ہوا کا ٹمپریچر بہت گرا ہوتا ہے اور اس وجہ سے کمرے کو گرم کرنے کی ضرورت ہوتی ہے ۔ اس مصنوعی گرمی کے پیدا کرنے کا ایک مقبول عام طریقہ یہ ہے کہ باہر سے آنے والی ہوا کو ایک گرم لچھے یعنی کوائل کے اوپر سے گزارا جاتا ہے جہاں وہ مناسب حد تک گرم ہو جاتی ہے ۔ پھر یہ گرم ہوا کمرے میں داخل کی جاتی ہے جو وہاں مطلوبہ درجے کا ٹمپریچر پیدا کر دیتی ہے ۔ کوائل کو گرم کرنے کے لیے بھاپ سے یا کوئلوں کی گیس سے یا برق رو (Electric current) سے کام لیا جاتا ہے ۔ ان میں سے برق رو کے طریقے کو زیادہ مقبولیت حاصل ہے ۔

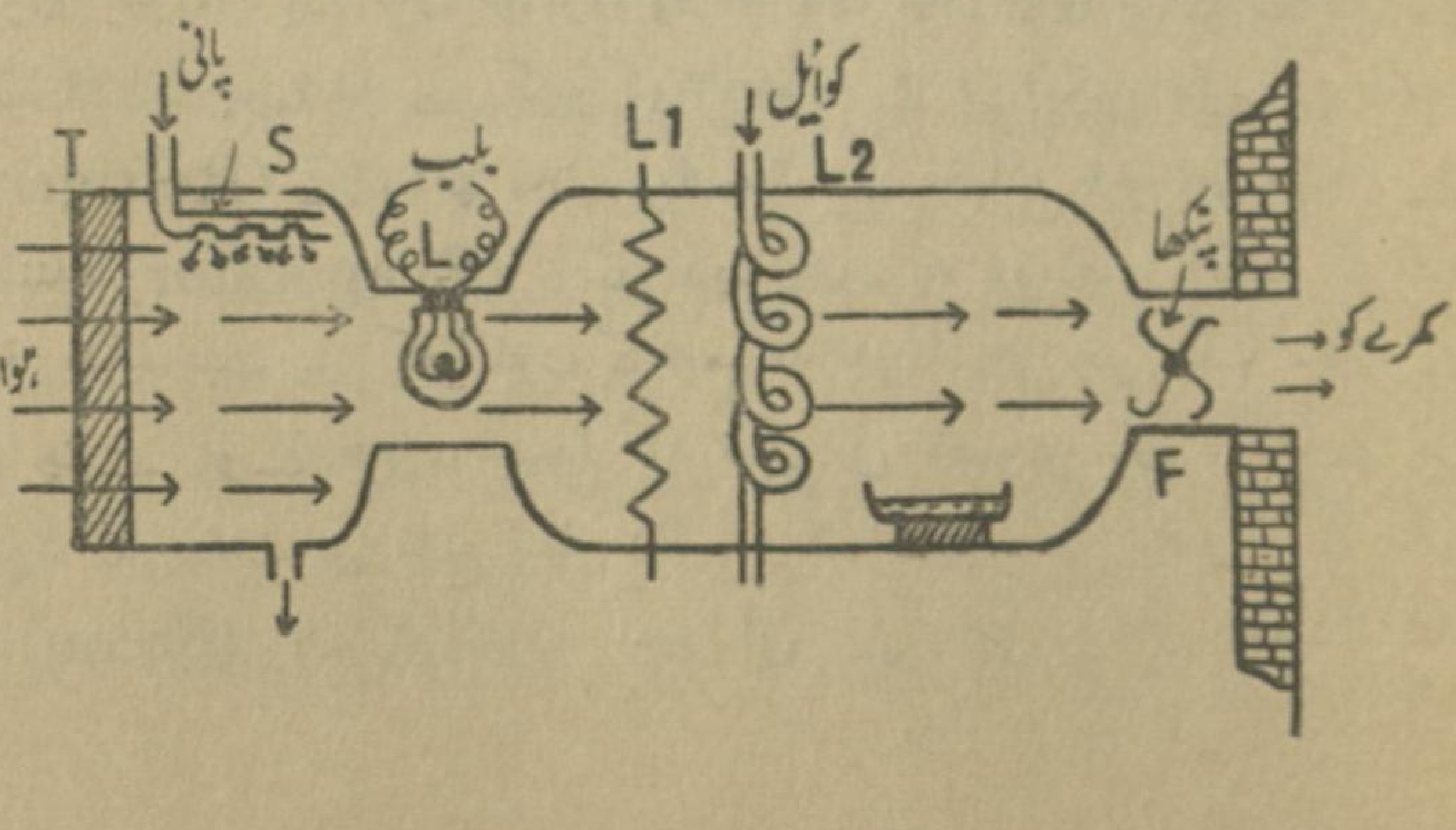
موسم سرما کی ہوا میں مرطوبیت کی مقدار نسبتاً کم ہوتی ہے ۔

پھر جب اس ہوا کو گرم کیا جاتا ہے تو اس کی اضافی مرطوبیت (Relative humidity) اور بھی گھٹ جاتی ہے - اس وجہ سے اس میں مطلوبہ درجے کی مرطوبیت پیدا کرنے کے لیے یہ ضروری ہوتا ہے کہ اس کے اندر آبی بخارات کی مقدار کو مصنوعی طور پر بڑھایا جائے - اس مقصد کے لیے ہوا میں پانی کی پھوار داخل کی جاتی ہے یا ہوا کو پانی کے اوپر سے گزارا جاتا ہے جو اس کی راہ میں رکھا ہوتا ہے -

ہوا کی صفائی اور جراثیم کشی اس صورت میں بھی مذکورہ بالا طریقے سے پہلے کر لی جاتی ہے -

گرم ممالک اور سرد ممالک کے لیے ہوا سدھار مشینیں عموماً علیحدہ علیحدہ بنائی جاتی ہیں - جن میں سے گرم ممالک کی ہوا سدھار مشین میں ہوا کو ٹھنڈا کرنے اور سرد ممالک کی ہوا سدھار مشین میں ہوا کو گرم کرنے انتظام ہوتا ہے لیکن زمانہ حال میں ایسی مشین بھی بنائی گئی ہے جس میں حسب ضرورت ہوا کو ٹھنڈا یا گرم کیا جا سکتا ہے - ایسی ہوا سدھار مشین گرم ممالک اور سرد ممالک دونوں جگہ استعمال ہو سکتی ہے اور **یونیورسل ہوا سدھار مشین** (Universal Air conditioning machine) کہلاتی ہے - ذیل میں اس قسم کی ایک مشین کا خاکہ دیا گیا ہے -

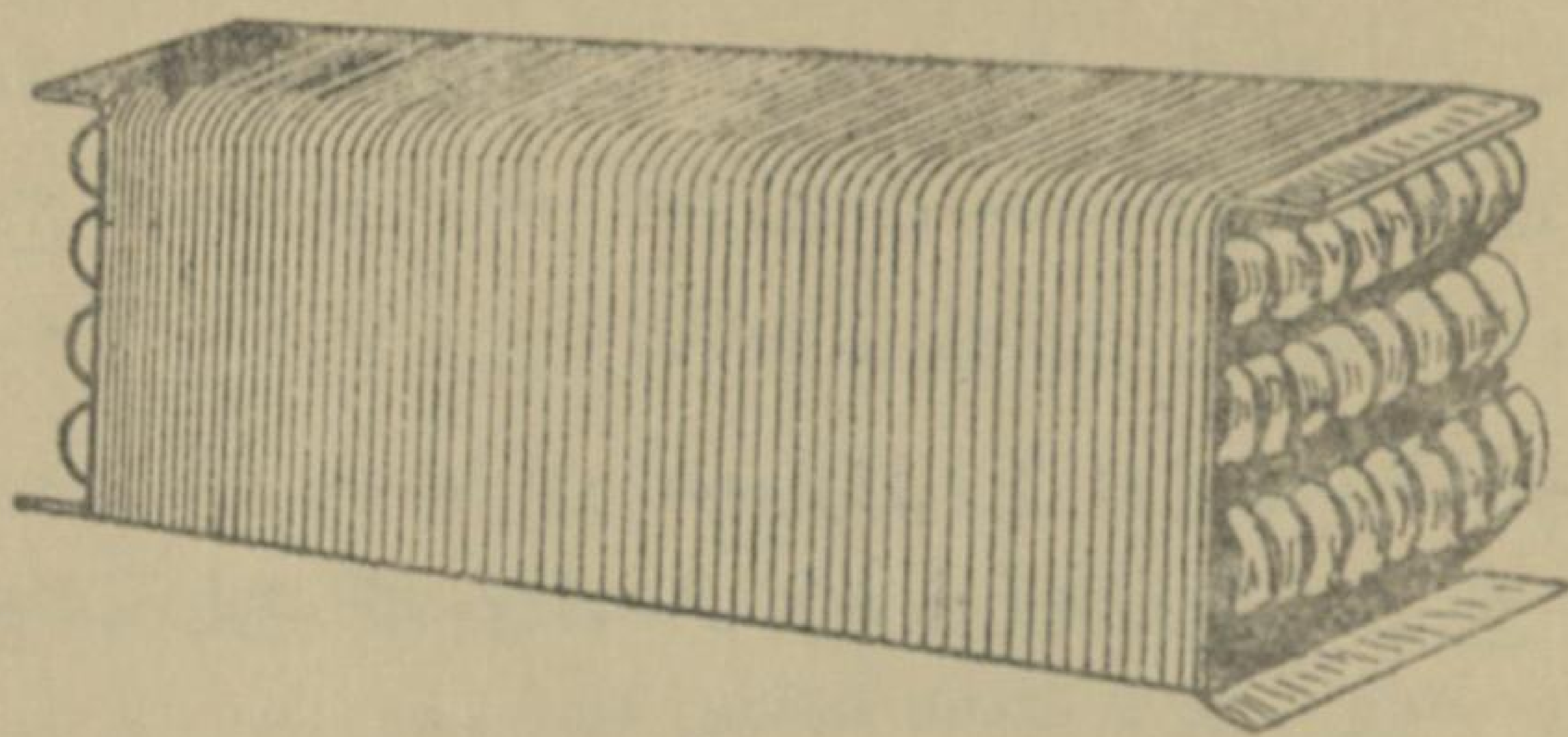
اس مشین میں F ایک برقی پنکھا ہے جو ہوا کو باہر سے کھینچتا ہے اور اسے کمرے کے اندر داخل کرتا ہے - باہر کی یہ ہوا پہلے



ایک فلٹر T میں سے گزرتی ہے جو کپڑے یا جالی وغیرہ کا بنا ہوتا ہے۔ اس میں سے چھن کر گزرنے پر اس کے اندر دھوئیں اور گرد و غبار کی کثافتیں دور ہو جاتی ہیں اور ہوا صاف ہو کر اندر جاتی ہے۔ یہاں اس ہوا پر پانی کی پھوار ڈالنے کا آلہ S نصب ہوتا ہے۔ یہ آلہ صرف اس صورت میں چلایا جاتا ہے جب ہوا کی اضافی مرطوبیت گھٹی ہوئی ہو اور اس کو بڑھانا مقصود ہو۔ لیکن اگر ہوا پہلے ہی سے مرطوب ہو تو اس آلے سے کام نہیں لیا جاتا۔ ہوا اب آگے بڑھتی ہے تو ایک خاص لیمپ B سے جو مرکری لیمپ (Mercury lamp) کہلاتا ہے، اس ہوا پر روشنی کی شعاعیں ڈالی جاتی ہیں۔ ان شعاعوں میں ماورا بنفشئی شعاعوں یعنی الٹرا وائلٹ شعاعوں (Ultra voilet rays) کی کثرت ہوتی ہے جو جراثیم کو ہلاک کرنے کی خاصیت رکھتی ہیں اس لیے ہوا پر ان شعاعوں کے پڑنے سے اس کی جراثیم کشی ہو جاتی ہے۔ اب یہ ہوا ایک دوسرے خانے میں داخل ہوتی ہے جہاں پر دو علیحدہ علیحدہ کوائل L_1 اور L_2 لگے ہوتے ہیں۔ L_1 کوائل ایک برقی تار کا بنا ہوا ہے۔ جب ہوا سدھار مشین سے کمرے کی ہوا کو گرم کرنا مطلوب ہو تو اس کوائل میں برق رو گزاری جاتی ہے جس سے وہ سخت گرم ہو جاتا ہے اور ہوا کو جو اس کے ساتھ لگتی ہے گرم کر دیتا ہے۔ پھر یہ گرم ہوا پنکھے کے ذریعے اصلی کمرے کے اندر گزاری جاتی ہے جہاں وہ مناسب درجے کی گرمی پیدا کر دیتی ہے۔

جب ہوا سدھار مشین سے کمرے کی ہوا کو ٹھنڈا کرنا مطلوب ہو تو برقی کوائل L_1 میں تو برقی رو گزاری نہیں جاتی۔ البتہ دوسرے کوائل C_2 کو جو اندر سے کھوکھلا ہوتا ہے، ایک سرد کار مشین (Refrigerating) کے ساتھ ملا دیا جاتا ہے جہاں وہ اس مشین کے تبخیر کنندہ (Evaporator) کا کام دیتا ہے۔ یہ در اصل ایک کوائل نہیں ہوتا بلکہ بہت سے کوائلوں کا مجموعہ ہوتا ہے جو ایک دوسرے کے اوپر چڑھے ہوتے ہیں، جیسا کہ نیچے کی تصویر میں دکھائے گئے ہیں۔ سرد کار مشین سے مائع سلفر ڈائی اوکسائڈ یا مائع امونیا یا مائع فری آن (Freon) ان کوائلوں میں آتی ہے اور وہاں تخفیف شدہ

(Reduced) دباؤ کے ماتحت تبخیر ہو کر کوائلوں کو سخت ٹھنڈا کر دیتی ہے ، جس کے باعث اندر آنے والی ہوا جب ان کے ساتھ لگ



جاتی ہے ، تو اس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے - آخر میں یہ سرد ہوا کمرے کے اندر آتی ہے اور وہاں مناسب درجے کی سردی پیدا کر دیتی ہے جس سے ہوا سدھار کا اصل مقصد پورا ہو جاتا ہے -

بعض مشینوں میں کمرے کے اندر ہوا کو گزارنے کے لیے عام قسم کا برقی پنکھا استعمال کیا جاتا ہے جو ہوا کو آگے پھینکتا ہے - اس پنکھے کو ٹھنڈے کوائلوں کے پیچھے رکھا جاتا ہے - چنانچہ جو ہوا اس برقی پنکھے کے سامنے کو آتی ہے ، وہ ان کوائلوں کے ساتھ لگ کر سرد ہو جاتی ہے اور پھر یہ سرد ہوا کمرے کے اندر چلی جاتی ہے - ٹھنڈے کوائلوں کے ساتھ اس ہوا کے لگنے سے ہوا کے اندر کے زائد آبی بخارات بھی مائع بن کر اس سے جدا ہو جاتے ہیں اور اس طرح ہوا کی اضافی مرطوبیت (Relative humidity) جو موسم گرما میں عموماً بڑھی ہوتی ہے ، کم ہو جاتی ہے -

کمرے کو ٹھنڈا کرنے کے لیے جو سرد کار مشین استعمال کی جاتی وہ اپنے سائز اور ٹھنڈا کرنے کے استعداد کے مطابق بڑی چھوٹی ہوتی ہیں جن کا انتخاب کمرے کی لمبائی ، چوڑائی اور اونچائی کے علاوہ حرارتی بوجھ (Heat load) کے پیش نظر کیا جاتا ہے - چنانچہ اگر کمرہ بڑا ہو اور اس کا حرارتی بوجھ (Heat load) زیادہ ہو تو اس کے لیے سرد کار مشین ایسی استعمال کی جاتی ہے جس کی ٹھنڈا کرنے کی استعداد بڑھی ہوئی ہوتی ہے - حرارتی بوجھ (Heat load) حرارت کی

وہ مجموعی مقدار مراد ہوتی ہے جو مختلف ذرائع سے کمرے کے اندر آتی ہے - اس حرارتی بوجھ (Heat load) کا انحصار مندرجہ ذیل امور پر ہوتا ہے :

۱ - سورج کی شعاعیں ، جو کمرے کی چھت اور دیواروں پر پڑ رہی ہوتی ہیں -

۲ - کمرے کی چھت اور دیواروں کے دونوں طرف ٹمپریچر کے اختلاف کے باعث حرارت کا جو ایصال (Conduction) ان کے درمیان میں ہوتا ہے -

۳ - انسانوں کی تعداد جو اس کمرے میں عام طور پر بیٹھتے ہیں -

۴ - بیرونی حرارت کا داخلہ جو دروازوں ، کھڑکیوں اور روشن دانوں میں سے باہر سے کمرے کے اندر ہوتا ہے -

۵ - کمرے کے اندر حرارت پیدا کرنے والے ذرائع مثلاً لیمپ یا بعض برقی مشینیں -

حرارتی بوجھ (Heat laod) اگر کم ہو تو ایک بڑے کمرے کے لیے بھی نسبتاً چھوٹے سائز کی سردکار مشین سے کام چل جاتا ہے ، لیکن اگر حرارتی بوجھ زیادہ ہو تو پھر ایک چھوٹے کمرے کے لیے بھی نسبتاً بڑے سائز کی سرد کار مشین (Refrigerating machine) درکار ہوتی ہے - اس وجہ سے کوشش یہ کی جاتی ہے کہ حرارتی بوجھ جتنا ہو سکے ، کم کیا جائے - اس مقصد کے لیے کمرے کی چھت ، دیواروں اور فرش پر ایسی اشیاء کا استر کیا جاتا ہے جو حرارت کی ناقص موصل (Bad conditioning) ہوتی ہیں -

ہوا سدھار (Air conductor) کے طریقے آج کل مشرق اور مغرب میں بہت مقبول ہیں اور دفتروں ، گھروں ، ہوٹلوں اور سینماؤں میں ان کا رواج بڑھ رہا ہے - نیز بعض ٹرینوں میں اعلیٰ درجے کے ڈبے بھی ہوا سدھار کیے ہوئے ہیں - چنانچہ پاکستان کے بڑے بڑے شہروں میں متعدد ہوٹلوں اور سینماؤں میں ہوا سدھار (Air conditioning)

کا انتظام ہے - بعض دفتروں اور آونچے گھروں میں بھی استعمال کے کمروں میں بھی ہوا سدھار کیا ہوتا ہے - نیز بڑی بڑی میل ٹرینوں میں بعض ہوا سدھار کیے ہوئے (Air conditioned) ڈبے لگے ہوئے ہوتے ہیں -

جہاں تک بعض کارخانوں کا تعلق ہے ، ان میں ہوا سدھار (Air conditioning) کا اہتمام محض کارکنوں کو آرام پہنچانے یا آن کی کارکردگی بڑھانے ہی کے لیے نہیں کیا جاتا بلکہ اس کے لیے ایک اور وجہ بھی ہوتی ہے - متعدد صنعتیں ایسی ہیں جن کے لیے کمرے کے اندر جہاں آن کی مشینیں سرگرم عمل ہوتی ہیں ، خاص ٹمپریچر اور خاص درجے کی مرطوبیت کی ضرورت ہوتی ہے اور یہ ضرورت وہاں ہوا سدھار ہی کے ذریعے پوری کی جاتی ہے -

سوالات

Q. 1. Describe how Faraday succeeded in liquefying chlorine and carbon dioxide.

بیان کیجیے کہ فاراڈے نے کلورین اور کاربن ڈائی اوکسائڈ کو مائع بنانے میں کیونکر کامیابی حاصل کی -

Q. 2. Give the various uses to which liquid carbon dioxide and solid carbon dioxide are put.

مائع کاربن ڈائی اوکسائڈ اور ٹھوس کاربن ڈائی اوکسائڈ کے مختلف استعمالات تحریر کیجیے -

Q. 3. Describe Pictet's method of liquefying oxygen by the cascade process.

آکسیجن کو سلسلہ وار عمل سے مائع بنانے کا پکٹے کا طریقہ بیان کرو -

Q. 4. (*a*) State briefly how cascade process can be used for liquefying nitrogen and air.

(*b*) What are the chief demerits of the cascade process ?

(الف) مختصر طور پر بیان کیجئے کہ نائٹروجن اور ھوا کو مائع بنانے میں سلسلہ وار عمل کا استعمال کس طرح کیا جاتا ھے ۔

(ب) سلسلہ وار عمل کی بڑی بڑی خامیاں کیا کیا ھیں ؟

Q. 5. Describe Linde's method for liquefaction of Air giving a description of his liquefier.

ھوا کو مائع بنانے کے لیے لنڈے کا طریقہ بیان کیجئے اور اس کے مائع ساز آلے کی مختصر تشریح کیجیے ۔

Q. 6. How can air be liquefied by Claude's process ? Give the description of the apparatus used in this method.

کلاڈ کے عمل سے ھوا کو کس طرح مائع بنایا جاتا ھے ۔ اس طریقے میں استعمال ھونے والے آلے کی ساخت بیان کرو ۔

Q. 7. Describe the method by which Dewar was able to liquefy hydrogen. Why is the cascade process not suitable to liquefy this gas.

وہ طریقہ بیان کیجیے جس سے ڈیوار نے ھائیڈروجن کو مائع حالت میں تبدیل کیا ۔ اس مائع کو گیس بنانے کے لیے سلسلہ وار عمل کیوں موزوں نہیں ھے ۔

Q. 8. How is hydrogen liquefied by Linde's method ? What is the advantage of this method over Dewar's method.

لنڈے کے طریقے سے ھائیڈروجن کو کس طرح مائع بنایا جاتا ھے ۔ ڈیوار کے طریقے کے مقابلے میں اس طریقے کا کیا فائدہ ھے ۔

Q. 9. Explain the method by which Onnes succeeded in liquefying helium giving the construction of the apparatus used by him.

اس طریقے کی تشریح کیجئے جس کے ذریعے اونس نے ھیلئیم کو مائع بنانے میں کامیابی حاصل کی اور اس کے استعمال کردہ آلے کی ساخت بیان کیجیے ۔

Q. 10. (*a*) Describe how Keesom was able to turn liquid helium into solid helium.

(*b*) Give some of the characteristics of liquid helium.

(ا) بیان کیجیے کہ کیسم نے مائع ہیلئیم کو ٹھوس حالت میں کس طرح تبدیل کیا ۔

(ب) مائع ہیلیئم کی بعض خصوصیات لکھیے ۔

Q. 11. Write a short essay on the production of low temperature. Show how temperature below 1°K are reached.

نیچے ٹمپریچروں کی پیدائش پر ایک مختصر مضمون قلم بند کیجیے اور بتائیے کہ 1°K سے نیچے کے ٹمپریچر کس طرح حاصل کیے جاتے ہیں ۔

Q. 12. Describe how temperatures approaching absolute zero can be produced by the demagnetisation of para magnetic salts.

بیان کیجئے کہ مطلق صفر کے قریبی ٹمپریچر پیرا مقناطیسی نمکیات کی مقناطیسیت زائل کرکے کس طرح پیدا کیے جاتے ہیں ۔

Q. 13. Describe the various methods by which low temperatures can be measured.

وہ طریقے بیان کیجیے جن کے ذریعے نیچے ٹمپریچروں کی پیمائش کی جاتی ہے ۔

Q. 14. Give a brief account of the changes that take place in the properties of substances at low temperatures.

مختلف اشیا کی خاصیتوں میں جو تبدیلیاں نیچے ٹمپریچروں پر پیدا ہوتی ہیں ، اُن کا مختصر طور حال لکھیے ۔

Q. 15. What do you understand by a refrigerating machine? What is the principle on which it works? Name the various kinds of refrigerating machines and describe to which uses are they put.

سرد کار مشین سے کیا مراد ہے ۔ یہ کس اصول پر کام کرتی ہے ۔ مختلف قسم کی سرد کار مشینوں کے نام لو اور بتاؤ کہ وہ کس کس کام آتی ہیں ۔

Q. 16. Describe the construction and working of Ammonia Ice Plant.

امونیا آئس پلانٹ یعنی امونیائی برف خانے کی ساخت اور عمل کی تشریح کرو -

Q. 17. Sketch the Electrolux refrigerator and explain its working.

الیکٹرولکس ریفریجریٹر کا خاکہ کھینچو اور اس کے عمل کی وضاحت کرو -

Q. 18. What do you understand by air conditioning. How is it done ? What are its advantages ?

ھوا سدھار سے آپ کی کیا مراد ہے - یہ کس طرح عمل میں لایا جاتا ہے اور اس کے کیا فوائد ھیں -

Q. 19. Describe the construction and working of an air conditioning machine.

ایک ھوا سدھار مشین کی ساخت اور عمل کی تشریح کیجیے -

Q. 20. Write a brief essay on Air conditioning.

ھوا سدھار پر ایک مختصر مضمون لکھیے -

نواں باب

حرارتی حرکیات کا پہلا قانون

(FIRST LAW OF THERMO-DYNAMICS)

یہ ایک عام مشاہدے کی بات ہے کہ کام کرنے سے حرارت پیدا ہوتی ہے ۔ جب بائیسکل کے پمپ کو زور زور سے چلا کر اس کے اندر کی ہوا پر کام کیا جاتا ہے تو حرارت کے پیدا ہونے کے باعث پمپ کافی گرم ہو جاتا ہے ۔ جب کسی برتن کو بلونے میں کام کیا جاتا ہے تو اس کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ہے ، جو حرارت کے پیدا ہونے کی دلیل ہے ۔ جب دو ٹھوس اجسام کو ایک دوسرے کے ساتھ رگڑا جاتا ہے تو حرارت کافی بڑی مقدار میں پیدا ہوتی ہے ۔ چنانچہ قدیم انسان اس طریقے سے ضرورت کے وقت آگ جلا لیا کرتا تھا ۔ روزمرہ زندگی میں سے اس قسم کی کئی مثالیں پیش کی جا سکتی ہیں جن میں کام کرنے سے حرارت پیدا ہوتی ہے یا دوسرے لفظوں میں میکانکی توانائی (Mechanical energy) حرارت میں تبدیل ہوتی ہے ۔

دوسری جانب ایسی مثالیں بھی ملتی ہیں جن میں حرارت کو خرچ کرکے کام لیا جاتا ہے ۔ سورج کی حرارت سے سمندروں سے بادل آٹھتے ہیں جو پہاڑوں پر بارش برساتے ہیں ۔ بارش کا یہ پانی پہلے ندی نالوں میں بہتا ہے جسے پن چکی چلانے میں استعمال کیا جا سکتا ہے ۔ اس طرح سورج کی حرارت بالواسطہ پن چکی کو گردش میں لانے کا کام کرتی ہے ۔ دخانی انجن (Steam engine) میں کوئلوں کو جلانے سے جو حرارت پیدا ہوتی ہے وہ پانی کو جوش دے کر بھاپ میں منتقل کرتی ہے اور پھر یہ بھاپ مختلف نوع کے کام سر انجام دیتی ہے ۔ اس

طرح دخانی انجن میں حرارت بھاپ کے واسطے سے کام میں تبدیل ہوتی ہے - موٹر کار کے پیٹرول انجن میں پیٹرول کے جلنے سے حرارت پیدا ہوتی ہے جو موٹر کو چلانے کا کام کرتی ہے - ان مثالوں سے واضح ہوتا ہے کہ **حرارت اور کام کا آپس میں تبادلہ ہوتا رہتا ہے** - مگر حرارت اور کام کا تعلق محض اتنا ہی نہیں ہے کہ کام حرارت میں یا حرارت کام میں منتقل ہوتے رہتے ہیں بلکہ یہ تعلق اس سے زیادہ گہرا ہے - کیونکہ جب کام اور حرارت ایک دوسرے میں تبدیل ہوتے ہیں تو حرارت کی ایک اکائی یعنی ایک کلوری کو پیدا کرنے کے لیے ایک خاص مقدار کے کام کی ضرورت ہوتی ہے اور اسی طرح جب حرارت کو کام میں منتقل ہونے دیا جاتا ہے تو حرارت کی ایک کلوری کے خرچ سے ہمیشہ کام اتنی ہی مقدار میں حاصل ہوتا ہے -

حرارت کا کار مساوی - حرارت کی ایک کلوری کو پیدا کرنے کے لیے جتنے اکائی کام درکار ہوتا ہے - اسے **حرارت کا کار مساوی** (Mechanical equivalent of heat) کہتے ہیں - اسے حرف J سے تعبیر کیا جاتا ہے - یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ J کی قیمت $4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ (erg) یا 4·2 جاؤل (Joule) نکلتی ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ اگر $4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ کام تمام کا تمام حرارت میں تبدیل ہونے دیا جائے تو اس سے ایک کلوری حرارت پیدا ہوگی یا اگر حرارت کی ایک کلوری کو پورے کا پورا کام میں منتقل کیا جائے تو اس سے $4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ کام سر انجام پائے گا -

کار مساوی کی صحیح قیمت - حرارت کے کار مساوی (Mechanical equivalent of heat) کی قیمت اوپر $4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ یا 4·2 جاؤل بیان کی گئی ہے - یہ ایک تخمینی (Approximate) قیمت ہے جو کام اور حرارت کے مسائل میں عام طور پر لی جاتی ہے ، لیکن حرارت کے کار مساوی کی زیادہ صحیح قیمت جو جدید تجرباتی تحقیقات سے حاصل ہوئی ہے ، $4{\cdot}186 \times 10^7$ ارگ یا 4·186 جاؤل ہے -

حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) - حرارتی حرکیات

(Thermo-dynamics) طبیعیات کی وہ شاخ ہے جس میں حرارت اور کام کے باھمی تعلق پر بحث ہوتی ہے اور وہ تمام مسائل زیر بیان آتے ھیں جو حرارت اور کام کے باھمی تبادلے کے بارے میں ہوتے ھیں۔ علاوہ ازیں حرارت کا توانائی کی دیگر صورتوں مثلاً برقی توانائی ، کیمیائی توانائی اور روشنی وغیرہ میں منتقل ہونا بھی حرارتی حرکیات (Thermo-danamics) کے ضمن میں آتا ہے ۔

حرارتی حرکیات کا پہلا قانون - جب بھی کام حرارت میں تبدیل ہوتا ہے یا حرارت کام میں منتقل ہوتی ہے تو کام کی مقدار میکانکی طور پر (Mechanically) حرارت کی مقدار کے برابر ہوتی ہے ۔

اس قانون کا مطلب یہ ہے کہ اگر کام اور حرارت کو ایک ھی اکائی میں مثلاً ارگ میں ظاہر کیا جائے تو پھر کام اور حرارت کا باھمی تبادلہ اس طور سے ہوتا ہے کہ جتنی حرارت صرف ہوتی ہے اتنا ھی کام سر انجام پاتا ہے اور جتنا کام کیا جاتا ہے اتنی ھی حرارت حاصل ہوتی ہے ۔

حرارتی حرکیات کے اس قانون سے یہ بات واضح ہو جاتی ہے کہ کام آپ سے آپ نہیں ہو سکتا - یعنی ہم کوئی ایسی مشین نہیں بنا سکتے جو آپ سے آپ کام کیے جائے اور اس میں حرارت وغیرہ کی صورت میں توانائی کا خرچ نہ ہو ۔

حرارتی حرکیات کے پہلے قانون کی مزید تشریح - فرض کیجیے کہ ایک سلنڈر میں ایک ھوا روک (Air tight) پسٹن لگا ہے اور اس سلنڈر کے اندر ایک گیس محصور ہے ۔ جب اس گیس کو حرارت پہنچائی جاتی ہے تو اس کے دو نتائج ظہور میں آتے ھیں :

(اول) گیس کا ٹمپریچر اونچا ہو جاتا ہے ۔ جس کا مطلب یہ ہے کہ اس کے مالیکول زیادہ تیزی سے حرکت کرنے لگتے ھیں اور اس وجہ سے گیس کی اندرونی توانائی (Interr al energy) بڑھ جاتی ہے ۔

(دوم) گیس باہر کو پھیلتی ہے اور ایسا کرنے میں وہ پسٹن

کو دھکیل کر بیرونی کام (External work) سر انجام دیتی ہے ۔ حرارتی حر کیات (Thermo-dynamics) کے پہلے قانون کے مطابق جب حرارت اور کام یا توانائی کو ایک ہی اکائی یعنی ارگ میں ظاہر کیا جائے تو گیس کی اندرونی توانائی جس قدر بڑھتی ہے اور گیس جتنا بیرونی کام سر انجام دیتی ہے ان دونوں کا مجموعہ اس حرارت کے برابر ہوتا ہے جو گیس کو دی جاتی ہے ۔

یہاں ہم نے ایک گیس کی مثال لی ہے جو اپنے پھیلاؤ کے باعث بیرونی کام کرتی ہے ۔ لیکن اس قسم کی بہت سی دیگر مثالیں بھی دی جا سکتی ہیں جن میں مختلف اجسام حرارت جذب کر کے مختلف طریقوں سے بیرونی کام سر انجام دیتے ہیں اور اس کے ساتھ ہی اُن کی اندرونی توانائی میں بھی اضافہ ہوتا ہے ۔ ان تمام صورتوں میں کسی جسم کی اندرونی توانائی میں جتنی زیادتی ہوتی ہے اور جتنا بیرونی کام اس سے عمل میں آتا ہے ان دونوں کا مجموعہ اس حرارت کے برابر ہوتا ہے جسے وہ جسم جذب کرتا ہے ۔

حرارتی حرکیات کے پہلے قانون کی ریاضیاتی صورت - اب ہم حرارتی حر کیات (Thermo-dynamics) کے پہلے قانون کی ریاضیاتی صورت (Mathematical form) پیش کرتے ہیں ۔ یہ صورت مشہور سائنس دان **کلاسیئس** (Clausius) کی پیش کردہ ہے ۔

فرض کیجئے کہ کسی جسم یا کسی نظام (System) کو dQ حرات دی جاتی ہے جس سے اس کی اندرونی توانائی (Internal energy) میں بقدر dU کے اضافہ ہوتا ہے اور وہ نظام dW کے بقدر بیرونی کام سر انجام دیتا ہے ۔ تب اگر حرارت اور کام یا توانائی کو ایک ہی اکائی ارگ میں ظاہر کیا جائے تو

$$dQ = dU + dW$$

یہ حرارتی حر کیات (Thermo-dynamics) کے پہلے قانون کی مساوات ہے جو اس قانون کو ریاضی کی علامتوں میں پیش کرتی ہے ۔ اس مساوات میں dU اندرونی توانائی میں اضافے کو ظاہر کرتی ہے ، جو

جسم کے مالیکیولوں میں واقع ہوتا ہے ۔ یہ زائد اندرونی توانائی زیادہ تر ٹمپریچر کی زیادتی کی صورت میں ظاہر ہوتی ہے البتہ کبھی کبھی وہ حالت کی تبدیلی کی صورت میں بھی ظاہر ہو جاتی ہے ۔ مثلاً جب برف کو حرارت پہنچائی جاتی ہے تو وہ پگھلنے لگتی ہے ۔ اس وقت اس کا ٹمپریچر تو تبدیل نہیں ہوتا مگر اس کی حالت ٹھوس سے مائع میں تبدیل ہوتی جاتی ہے ۔ اور اس کی اندرونی توانائی مائع بننے کے بعد (ٹھوس حالت کے مقابلے میں) بڑھ جاتی ہے ۔

حرارت کو جذب کرنے کے بعد کوئی جسم یا نظام جو بیرونی کام dW سر انجام دیتا ہے اس کی بھی بہت سی صورتیں ہوسکتی ہیں ۔ مثلاً اگر کوئی گیس ایک ہموار بیرونی دباؤ p کے مقابلے میں پھیل رہی ہو اور اس کے حجم کی تبدیلی dv ہو تو یہ بیرونی کام pdv کے برابر ہوتا ہے چنانچہ

$$dW = pdv$$

جب کسی جسم پر زور (Stress) لگانے سے اس میں کچھ بگاڑ (Strain) پیدا ہو جائے تو یہ بیرونی کام زور اور بگاڑ کی حاصل ضرب کے برابر ہوتا ہے چنانچہ

$dW =$ زور × بگاڑ

جب حرارت سے برقی توانائی پیدا ہوتی ہے تو یہ بیرونی کام پوتانشل (E) اور برق چارج کے اضافے (dq) کی حاصل ضرب کے برابر ہو جاتا ہے ۔ چنانچہ اس صورت میں

$$dW = Edq$$

توانائی کی بقا کا قانون - حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کا پہلا قانون در اصل توانائی کے متعلق ایک عمومی قانون کا چربہ ہے جس کو **توانائی کی بقا کا قانون** (Law of conservation of energy) کہتے ہیں ۔ اس قانون کا ماحصل یہ ہے کہ ایک خاص نظام کے اندر جو دوسروں سے الگ تھلگ ہو ، جب توانائی کا اس کی مختلف قسموں میں باہمی تبادلہ ہوتا ہے تو توانائی کی کل مقدار اس نظام کے اندر

برقرار رهتی هے - دوسرے لفظوں میں، اس کا مطلب یہ ہے کہ توانائی نہ آپ سے آپ پیدا ہوتی ہے اور نہ فنا ہوتی ہے ، بلکہ ایک خاص تبدیلی کے دوران میں توانائی کی جتنی مقدار ایک خاص صورت میں کم ہوتی ہے بالکل اتنی ہی مقدار کسی اور صورت میں بڑھ جاتی ہے -

مثلاً حرارت اور کام توانائی کی دو مختلف صورتیں ہیں - اس لیے جب ایک نظام کے اندر کسی تبدیلی کے ماتحت حرارت کی ایک خاص مقدار کم ہوتی ہے تو کام کی اتنی ہی مقدار پیدا ہو جاتی ہے -

کام اور حرارت کے اس باہمی تعلق کو سب سے پہلے ایک سائنس دان جاؤل (Joule) نے ثابت کیا تھا - اس نے مختلف نوع کے متعدد تجربے کیے تو ان سب سے یہی ظاہر ہوا کہ جب کام حرارت میں منتقل ہوتا ہے تو $4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ کام سے ایک کلوری حرارت پیدا ہوتی ہے - اب چونکہ حرارت اور کام دونوں توانائی (Energy) ہی کی قسمیں ہیں ، اس لیے ان کی نوعیت ایک ہے اور اس وجہ سے ان کی اکائیاں بھی ایک ہیں - اس کا مطلب یہ ہے کہ کلوری اگرچہ بالعموم حرارت کی مقدار کو ناپنے کے کام آتی ہے مگر اس میں کام کو بھی ناپا جاسکتا ہے - اسی طرح ارگ اور جاؤل اگرچہ کام کو ناپنے کی اکائیاں ہیں مگر ان میں حرارت کی پیمائش بھی کی جا سکتی ہے - اس لحاظ سے جب یہ کہا جاتا ہے کہ (حرارتی) توانائی کی ایک کلوری (میکانکی) توانائی کے $4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ کے برابر ہے تو یہ تقریباً ایسی ہی بات ہوتی ہے جیسے یہ کہا جائے کہ ایک پونڈ کی کمیت 4·53 گرام کی کمیت کے برابر ہے یا ایک فٹ کی لمبائی 31·48 سنٹی میٹر کی لمبائی کے برابر ہے -

توانائی کی بقا کے قانون میں ترمیم - انیسویں صدی کے آخر تک **توانائی کی بقا کا قانون** (Law of Conservation of energy)) اور **مادہ کی بقا کا قانون** (Law of conservation of matter) طبیعیات کے دو علیحدہ علیحدہ قوانین کے طور پر تسلیم کیے جاتے رہے مگر بیسویں صدی میں موجودہ زمانے کے سب بڑے سائنس دان آئن سٹائن

(Einstein) نے ان قوانین میں ترمیم کرکے انھیں ایک ھی جامع قانون میں مربوط کر دیا ۔ آئن سٹائن کے نظریۂ اضافیت (Theory of Relativity) کے مطابق **مادہ اور توانائی دو علیحدہ اشیاء نہیں ھیں ۔ بلکہ وہ ایک ھی شے کے دو روپ ھیں ۔** اس لیے جب مادہ فنا ھوتا ھے تو توانائی پیدا ھو جاتی ھے اور جب توانائی معدوم ھوتی ھے تو مادہ پیدا ھو جاتا ھے ۔ البتہ ایک نظام کے اندر مادہ اور توانائی دونوں مل کر ناقابل فنا ھیں ۔ مادہ اور توانائی کے اس باھمی انتقال کے بارے میں آئن سٹائن کی مشہور مساوات یہ ھے ۔

$$E = mC^2$$

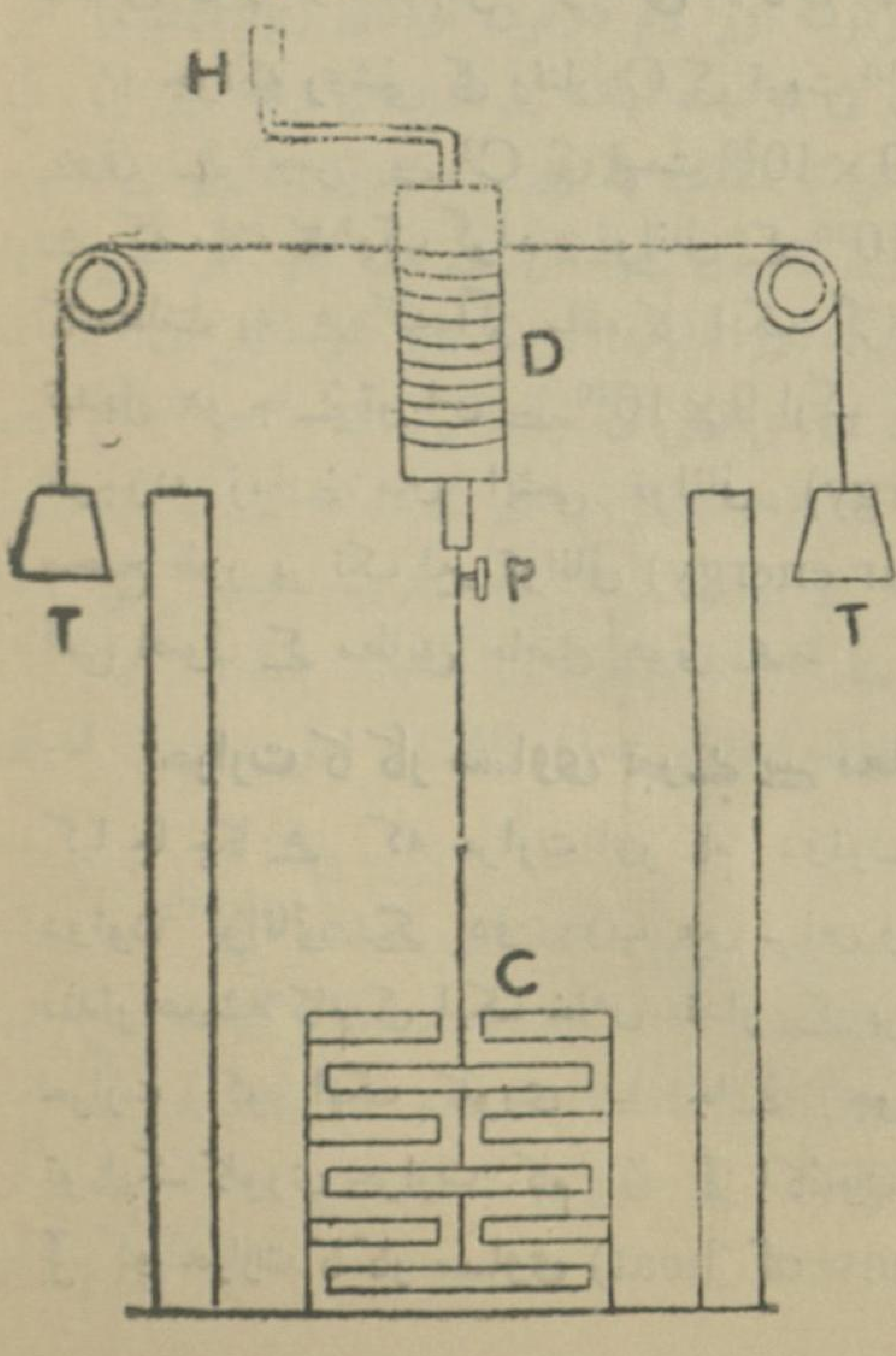
اس میں E توانائی ھے جس کو ارگ میں ظاھر کیا جاتا ھے ، m مادہ کی مقدار ، یعنی کمیت ھے جس کو گرام میں ظاھر کیا جاتا ھے اور C روشنی کی رفتار ھے جس کو سنٹی میٹر فی سیکنڈ میں ظاھر کیا جاتا ھے ۔

چونکہ روشنی کی رفتار C کی قیمت 3×10^{10} سنٹی میٹر فی سیکنڈ ھوتی ھے جس سے C^2 کی قیمت 9×10^{20} ھو جاتی ھے ۔ اس سے ظاھر ھے کہ مادہ کا ایک گرام ، توانائی کے 9×10^{20} ارگ کے برابر ھے جس کا مطلب یہ ھے کہ اگر مادہ کا ایک گرام فنا ھو کر توانائی میں تبدیل ھو جائے تو اس سے 9×10^{20} ارگ توانائی پیدا ھو جاتی ھے ۔ موجودہ زمانے میں ایٹمی توانائی (Atomic energy) جسے زیادہ صحیح طور پر نک لیر توانائی (Nuclear energy) بھی کہتے ھیں ، اسی اصول کے مطابق حاصل ھوتی ھے ۔

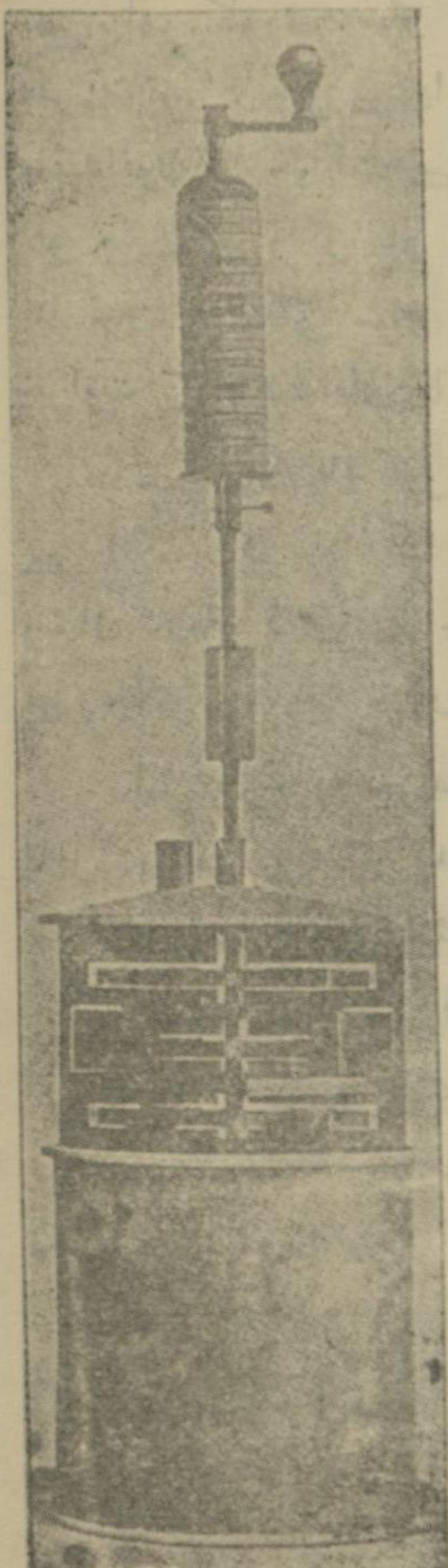
حرارت کا کار مساوی تجربے سے معلوم کرنا ۔ اس سے پہلے بیان کیا جا چکا ھے کہ حرارت اور کام دونوں کی نوعیت ایک ھے اور دونوں توانائی کے دو روپ ھیں ۔ اس وجہ سے حرارت کی ایک مقررہ مقدار ھمیشہ کام کی ایک خاص مقدار کے برابر ھوتی ھے ۔ چنانچہ اگر حرارت کو ایک کلوری لیا جائے (جو حرارت کی مروجہ اکائی ھے) تو ایک کلوری حرارت کام کی J اکائیوں کے برابر ھوتی ھے ۔ اس J کو **حرارت کا کار مساوی** (Mechanical equivalent of heat)

کہتے ہیں اور اس کی قیمت 4.2×10^7 ارگ یا 4.2 جاؤل نکلتی ہے ۔ یہ قیمت پہلے جاؤل نے اور پھر بعض دیگر سائنس دانوں نے مختلف تجربوں کے ذریعے معلوم کی تھی ۔ ان میں سے بعض مشہور تجربوں کی تفصیل حسب ذیل ہے ۔

J کی قیمت معلوم کرنے کے لیے جاؤل کا تجربہ (Joule's experiment) ۔ جاؤل (Joule) نے اپنا تاریخی تجربہ 1848ء میں کیا تھا ۔ اس میں ایک خاص قسم کے کلوری میٹر C کو کام میں لایا گیا جس کے اندرون میں آوپر نیچے مساوی مساوی فاصلے پر گول قرص کی شکل کے دھات کے پترے لگے ہوئے تھے ۔ ایک دھرا جس کے نیچے کے حصے میں اتنے اتنے فاصلے پر پیڈل یعنی پائیدان لگے ہوئے تھے، کلوری میٹر میں اس طور سے داخل کیا گیا کہ ہر پائیدان کلوری میٹر کے دو قرص نما پتروں کے درمیان میں آ گیا ۔ دھرا آوپر سے ایک



ڈھول D کے ساتھ ایک میخ P کے ذریعے سے جڑا ہوا تھا جسے ضرورت کے مطابق میخ کو نکال لینے کے بعد الگ بھی کیا جا سکتا تھا ۔ ڈھول کے آوپر رسیوں کے دو لچھے آلٹے طور پر لپٹے ہوئے تھے جن کے کھلے سروں کو دائیں بائیں دو چرخیوں (Pulleys) پر سے گزار کر ان کے ساتھ دو باٹ T اور T لٹکا دیے گئے تھے ۔ چنانچہ جب یہ باٹ نیچے گرائے جاتے تھے تو دونوں لچھوں کی رسیاں کھلتی جاتی تھیں اور



ڈھول D کو گھاتی جاتی تھیں ۔ ڈھول کے ساتھ ایک دستہ H بھی لگا ھوا تھا جس کے ذریعے اس کو الٹے طور پر گھما کر رسیوں کو دوبارہ اس پر چڑھایا جاسکتا تھا ۔ کلوری میٹر کے اوپر ایک مضبوط ڈھکنا لگا تھا جس میں دو سوراخ موجود تھے ۔ ان میں سے جو سوراخ درمیان میں تھا اس میں سے تو مذکورہ دھرا اندر جاتا تھا ۔ اور دوسرے سوراخ میں سے ایک تھرمامیٹر کوگزارا گیا تھا تاکہ اس کے ذریعے کلوری میٹر کے اندر پڑے ھوئے پانی کا ٹمپریچر ناپا جا سکے ۔ یہ تھرمامیٹر اتنا حساس تھا کہ اس کے ذریعے $\frac{1}{360}$°C تک کی پیمائش کی جا سکتی تھی ۔ کلوری میٹر کو لکڑی کے ایک بکس میں رکھا گیا تھا تاکہ اشعاع وغیرہ سے اس میں سے حرارت کا نکلنا رک جائے ۔ جاؤل کا اصلی کلوری میٹر جس کے ساتھ اس نے یہ تاریخی تجربہ کیا تھا ، آج کل لنڈن کے قریب ساؤتھ کینسنگٹن (South Kensington) کے عجائب گھرمیں محفوظ ہے اور اس کی تصویر سامنے دی گئی ہے ۔

تجربہ کرنے کے لیے کلوری میٹر میں پانی ڈالا گیا اور اس پانی کا ماس (Mass) یعنی کمیت m_1 ، اس کا ٹمپریچر t_1 اور کلوری میٹر کا آب مساوی (Water equivalent) w دریافت کیا گیا ۔ پھر دھرے S کو ڈھول D کے ساتھ میخ P کے ذریعے سے جوڑ دیا گیا اور دونوں باٹوں T اور T کو گرنے دیا گیا ۔ نیچے گرتے ھوئے وہ رسیوں کو کھولتے اور ڈھول کو دھرے سمیت گھماتے جاتے تھے ۔ اس پر دھرے کے ساتھ لگے ھوئے پائیدان پانی کو بلوتے اور اسے حرکت میں لاتے

ھے اور کلوری میٹر کے اندرونی پترے پانی کی اس حرکت کو بند کرتے تھے ، جس سے پانی کی حرکتی توانائی (Kinetic energy) جو پائیدانوں کی حرکت سے پیدا ہوتی تھی ، پتروں کے ساتھ پانی کے ساکن ہو جانے سے زائل ہو جاتی تھی - مگر چونکہ توانائی اس طور سے بالکل فنا نہیں ہو سکتی - اس لیے وہ حرارت میں تبدیل ہو جاتی تھی اور اس حرارت کے باعث پانی کا ٹمپریچر پہلے سے کچھ اونچا ہوتا جاتا تھا -

جب باٹ (T اور T) ایک بار نیچے گر چکے تو دھرے کو ڈھول سے الگ کر لیا گیا اور ڈھول کے دستے کو الٹا گھمایا گیا جس سے رسیاں دوبارہ ڈھول پر چڑھ گئیں اور دونوں باٹ اوپر اٹھ کر اپنی پہلی جگہ پر آ گئے - اس کے بعد یہ تجربہ دھرایا گیا -

اسی طرح یہ تجربہ n بار کیا گیا یہاں تک کہ پانی کے ٹمپریچر میں قابل پیمائش زیادتی پیدا ہوگئی - یہ آخری ٹمپریچر t_2 تھرمامیٹر پر ناپ لیا گیا - تب اگر پیدا شدہ حرارت H ہو تو

$$H=(m_1+w)\ (t_2-t_1)$$

گرتے ہوئے باٹوں کا کام نکالنے کے لیے ، فرض کیجیے کہ وہ h بلندی سے نیچے گرے ہیں - تب اگر ہر باٹ کا وزن m_2 ہو تو باٹ کو زمین تک پہنچنے میں اس کا کیا ہوا کام

$$=m_2gh$$

اگر باٹ زمین کے ساتھ v رفتار سے ٹکرائے تو باٹ کی حرکتی توانائی

$$=\tfrac{1}{2}m_2v^2$$

باٹ کی یہ حرکتی توانائی زمین کے ساتھ ٹکرانے کے بعد صفر ہو جاتی ھے ، اس لیے اس سے پیدا شدہ حرارت زمین میں جذب ہو جاتی ھے اور یہ حرارت کلوری میٹر کے پانی کو نہیں پہنچتی - اس وجہ سے کلوری میٹر کو حرارت دینے میں ایک باٹ کا کام

$$=m_2gh-\tfrac{1}{2}m_2v^2$$

اب اگر دونوں باٹوں کے n بار گرنے پر پانی کو حرارت دینے والا کام W ہو تو

$$W = 2n(m_2gh - \tfrac{1}{2}m_2v^2)$$

$$\because \quad \frac{W}{H} = J$$

$$\therefore \quad J = \frac{2n(m_2gh - \frac{1}{2}m_2v^2)}{(m_1+w)\ (t_2 - t_1)}$$

یا

$$J = \frac{2nm_2(gh - \frac{1}{2}v^2)}{(m_1+w)(t_2 - t_1)}$$

جاؤل کے تجربے کا تخمینی کلیہ - جاؤل کے تجربے کا جو کلیہ اوپر اخذ کیا ہے ، اس کو سادہ طور پر

$$J = \frac{2nm_2gh}{(m+w)(t_2 - t_1)}$$

بھی لکھا جا سکتا ہے ، اس کی وجہ حسب ذیل ہے -

جب باٹ (T اور T) نیچے گرتے ہیں تو چونکہ انہیں ڈھول اور دھرے وغیرہ کو گھمانا پڑتا ہے ، اس لیے ان کی توانائی اس کام میں صرف ہو کر کافی بڑی شرح سے گھٹتی جاتی ہے - اس کا نتیجہ یہ ہے کہ جب یہ باٹ بالآخر زمین کے ساتھ ٹکراتے ہیں تو ان کی رفتار v بہت کم ہوتی ہے ، جس کی وجہ سے gh کے مقابلے میں $\frac{1}{2}v^2$ قابل نظر انداز (Negligible) رہ جاتی ہے اور اس تجربے کا تخمینی کلیہ

$$J = \frac{2nm_2gh}{(m_1+w)(t_2 - t_1)}$$

بن جاتا ہے -

جاؤل کے ایک تجربے کے اصلی اعداد و شمار - اوپر کی سطور میں جاؤل کے تجربے کے تخمینی کلیے کے متعلق جو کچھ لکھا گیا ہے ، اس کی مزید وضاحت جاؤل کے ایک حقیقی تجربے کے اعداد و شمار سے کی جاتی ہے -

جاؤل کے ایک تجربے میں باٹ (T) کی کمیت (m_2) 13160 گرام تھی ، جس سے دونوں باٹوں کی کمیت ($2m_2$) 26320 گرام ہو جاتی تھی -

یہ باٹ جس بلندی h سے گرے تھے ، وہ 160·5 سنٹی میٹر تھی - کلوری میٹر کا آب مساوی اور پانی کی کمیت (m_1+w) 6316 گرام تھے، باٹوں کو 20 بار گرایا گیا تھا ، جس سے n کی قیمت 20 ہو جاتی تھی اور اس طرح سے پانی کے ٹمپریچر میں جو اضافہ (t_2-t_1) ہوا تھا وہ 0·3129°C کے برابر تھا -

اس لیے مکمل کلیے کے مطابق

$$J=\frac{2n(m_2gh-\frac{1}{2}m_2v^2)}{(m_1+w)(t_2-t_1)}$$

$$=\frac{2\times20(13160\times981\times160{\cdot}5-\frac{1}{2}\times13160\times6{\cdot}2\times6{\cdot}2)}{6326\times0{\cdot}3129}$$

$$=\frac{82881943200-10106880}{1979{\cdot}4054}=4{\cdot}19\times10^7$$

اگر ان اعداد و شمار پر تخمینی کلیہ لگایا جائے تو

$$J=\frac{2nm_2gh}{(m_1+w)(t_2-t_1)}$$

$$=\frac{2\times20\times13160\times981\times160{\cdot}5}{1979{\cdot}4054}$$

$$=\frac{82881943200}{1979{\cdot}4054}=4{\cdot}19\times10^7$$

اس مثال سے ظاہر ہے کہ اگر پورے کلیے کی بجائے تخمینی کلیہ لگایا جائے تو J کی اصل قیمت میں عملی طور پر کچھ فرق نہیں آتا - اس وجہ سے اکثر کتابوں میں اس تجربے میں تخمینی کلیہ

$$J=\frac{2nm_2gh}{(m_1+w)(t_2-t_1)}$$

ہی لکھا جاتا ہے -

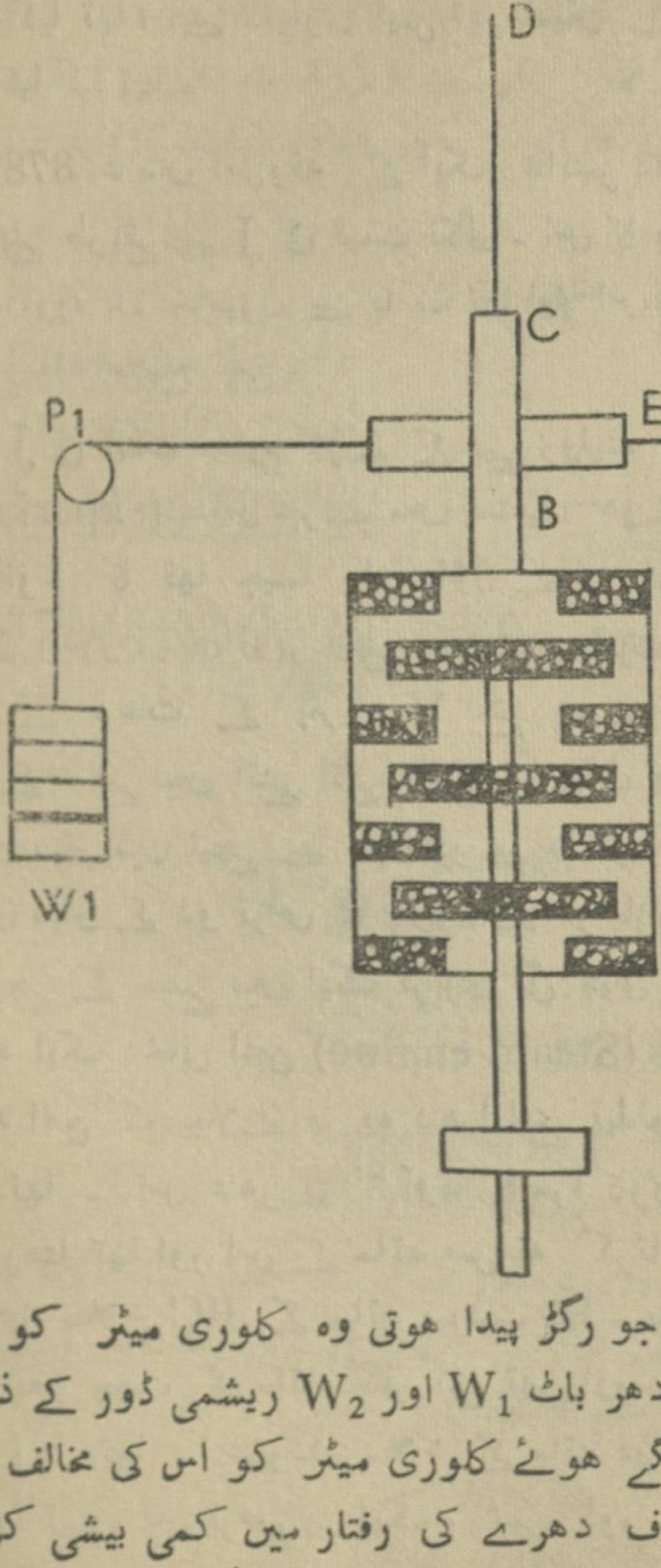
جاؤل کے تجربے کی خامیاں - جاؤل کے تجربے مین سب سے بڑی خامی یہ تھی کہ اس کے ذریعے پانی کے ٹمپریچر میں جو اضافہ پیدا

ہوتا تھا ، وہ بہت قلیل تھا ۔ چنانچہ ایک گھنٹے کی جد و جہد کے بعد بھی اس طریقے میں پانی کا ٹمپریچر $1°C$ سے زیادہ نہ بڑھتا تھا ۔ اس تجربے کی دوسری خامی یہ تھی کہ جاؤل نے پارے کا جو تھرمامیٹر ناپنے کے لیے استعمال کیا تھا ، اسے معیاری گیس تھرمامیٹر کے ساتھ مقابلہ کر کے صحیح نہیں کیا گیا تھا ۔

1878ء میں امریکہ کے ایک سائنس دان رولینڈ (Rowland) نے اپنے طریقے سے J کی قیمت نکالی ۔ اس کا یہ طریقہ جاؤل کے طریقے کی مذکورہ بالا خامیوں سے پاک تھا اور اس وجہ سے اس کی معلوم کردہ قیمت زیادہ صحیح تھی ۔

J کی قیمت معلوم کرنے کے لیے رولینڈ کا تجربہ ۔ (Rowland's experiment) ۔ اس تجربے میں استعمال ہونے والا کلوری میٹر قریباً اسی نوع کا تھا جیسا کہ جاؤل کے تجربے میں استعمال کیا گیا تھا ۔ اس کے اندرون میں اوپر نیچے مساوی فاصلے پر گول قرص کی شکل کے دھات کے پترے V لگے ہوئے تھے ۔ ایک دھرا ، جس کے اوپر کے حصے میں اتنے اتنے فاصلے پر پیڈل یعنی پائیدان لگے ہوئے تھے ، کلوری میٹر میں نیچے سے اس طور سے داخل کیا گیا تھا کہ ہر پائیدان کلوری میٹر کے دو قرص نما پتروں کے درمیان میں آ جاتا تھا ۔ اس دھرے کے نیچے کے حصے میں ایک گراری لگی ہوئی تھی جس کی مدد سے اس کا سلسلہ ایک دخانی انجن (Steam engine) کے ساتھ ملا دیا جاتا تھا ۔ چنانچہ انجن کو چلانے پر یہ دھرا اپنے پیڈلوں سمیت تیزی سے گھومنے لگتا تھا ۔ اس دھرے کا اوپر کا سرا کلوری میٹر کے ڈھکنے سے کچھ نیچے رہتا تھا اور اس کے ساتھ مس نہ کرتا تھا ۔ کلوری میٹر ایک عمودی سلاخ BC کے ساتھ پیوست تھا ۔ یہ سلاخ ایک لمبے تار CD کے ذریعے چھت کے ساتھ لٹکائی گئی تھی اور کلوری میٹر اس کے ساتھ لٹک رہا تھا ۔ عمودی سلاخ کے ساتھ درمیان میں ایک گول قرص E لگا ہوا تھا ۔ اس قرص پر ایک ریشمی ڈور لپٹی ہوئی تھی جس کے سرے دو چرخیوں P_1 اور P_2 پر سے گزارے گئے تھے اور ان کے ساتھ مزید دو باٹ W_1 اور W_2 لٹکے ہوئے تھے ۔

تجربہ کرنے کے لیے کلوری میٹر میں پانی بھر دیا جاتا اور انجن کو چلا کر دھرے کو گھومنے دیا جاتا ۔ دھرے کے گھومنے سے اس کے ساتھ لگے ہوئے پیڈل پانی کو بلونے لگتے جس سے ان پیڈلوں



اور کلوری میٹر کے درمیان جو رگڑ پیدا ہوتی وہ کلوری میٹر کو بھی اسی سمت میں گھماتی ۔ ادھر باٹ W_1 اور W_2 ریشمی ڈور کے ذریعے قرص E اور اس کے ساتھ لگے ہوئے کلوری میٹر کو اس کی مخالف سمت میں گھماتے ۔ اب ایک طرف دھرے کی رفتار میں کمی بیشی کر کے اور دوسری جانب باٹ W_1 اور W_2 کے بوجھ کو گھٹا بڑھا کر ایسی صورت پیدا کر دی جاتی کہ مذکورہ بالا دونوں اثرات ایک دوسرے

کو زائل کر دیتے جس سے کلوری میٹر توازن میں رہتا اور کسی ایک طرف کو گردش کرنے نہ پاتا ۔

اگر باٹ W_1 اور W_2 میں سے ہر ایک کا ماس (Mass) یعنی کمیت M ہو اور قرص E کا قطر d ہو تو ان باٹوں کی وجہ سے جو جفتہ (Couple) کلوری میٹر کو گھمانے کے لیے اس پر عمل پیرا ہوتا ہے ، اس کی قیمت Mgd ہوتی ہے اور چونکہ دھرا اور اس کے پیڈل اپنی گردش کے دوران میں اس جفتے کے اثر کو زائل کرتے ہیں ، اس لیے آن کے ذریعے سے عمل پیرا ہونے والے جفتے (Couple) کو بھی Mgd مانا جا سکتا ہے ۔ اب یہ امر میکانیات سے واضح ہے کہ جب کوئی جسم ایک جفتے کے عمل کے ماتحت ایک خاص زاویے میں سے گھومتا ہے تو اس کا کیا ہوا کام جفتے اور زاویے کے حاصل ضرب (یعنی جفتے × زاویے) کے برابر ہوتا ہے ۔ چونکہ دھرا ایک پورا چکر کاٹنے میں 2π زاویہ طے کرتا ہے ۔ اس لیے اگر تجربے کے دوران میں وہ n چکر کاٹے تو اس کا طے کردہ زاویہ $2\pi n$ ہوتا ہے ۔ اس لیے اگر دھرے کا کیا ہوا کام W ہو تو

$$W = \text{جفتہ} \times \text{زاویہ}$$
$$= Mgd \times 2\pi n = 2\pi n Mgd$$

یہی کام حرارت H میں تبدیل ہو جاتا ہے جو پانی (اور کلوری میٹر) کے ٹمپریچر کو t_1 سے t_2 تک بڑھا دیتی ہے ۔ تب اگر پانی کی کمیت m_1 اور کلوری میٹر کا آب مساوی w ہو تو

$$H = (m_1 + w)(t_2 - t_1)$$

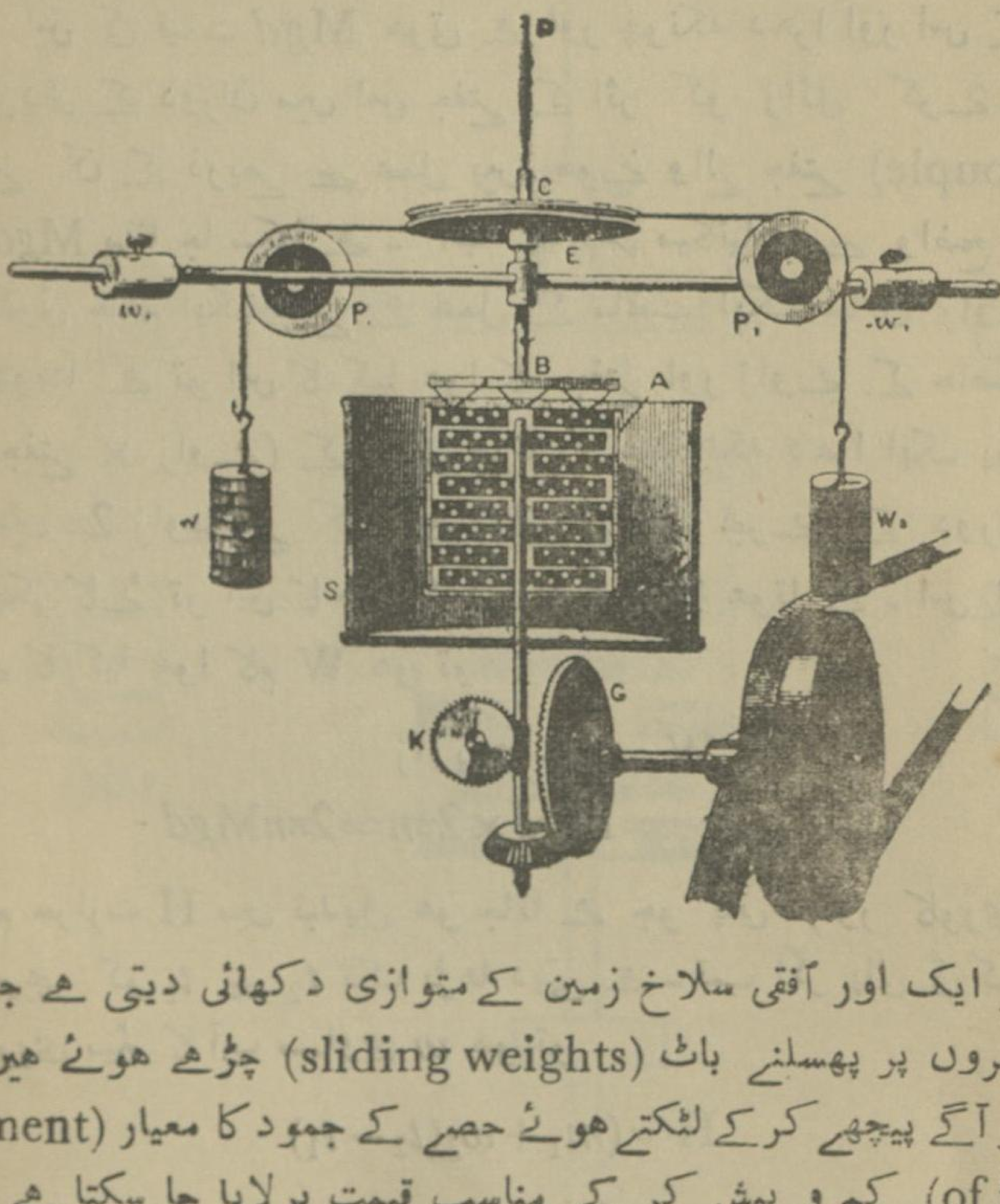
$$\because \quad J = \frac{W}{H}$$

$$\therefore \quad J = \frac{2\pi n Mgd}{(m + w)(t_2 - t_1)}$$

رولینڈ کے تجربے کے دوران میں تھوڑی سی حرارت ارد گرد کو منتشر ہو جاتی ہے ۔ اس نے اس کا اندازہ کیا اور اس کے مطابق ضروری تصحیح

کی - علاوہ ازیں اس نے اپنے تھرمامیٹر کا معیاری گیسی تھرمامیٹر کے ساتھ مقابلہ کر کے اس کی پیمائش میں مناسب درستی کی -

رولینڈ نے اپنے تجربے میں جو آلہ فی الوقع استعمال کیا تھا ، اس کی تصویر حسب ذیل ہے - اس تصویر میں گراری کو چلانے کے لیے انجن کا پہیہ اور اس پر چڑھا ہوا پٹہ نظر آ رہا ہے - اس آلے میں سلاخ BC



کے آرپار ایک اور آفقی سلاخ زمین کے متوازی دکھائی دیتی ہے جس کے دونوں سروں پر پھسلنے باٹ (sliding weights) چڑھے ہوئے ہیں - ان باٹوں کو آگے پیچھے کر کے لٹکتے ہوئے حصے کے جمود کا معیار (Moment of inertia) کم و بیش کر کے مناسب قیمت پر لایا جا سکتا ہے -

رولینڈ کے نتائج - رولینڈ نے اپنے تجربے کو مختلف ٹمپریچروں کے درمیان دہرایا اور اس طرح J کی قیمت الگ الگ ٹمپریچروں پر ناپی تو معلوم ہوا کہ یہ قیمت ٹمپریچر کے ساتھ پہلے بتدریج گھٹتی جاتی ہے ، یہاں تک کہ وہ ایک خاص ٹمپریچر تک پہنچ کر کم از کم ہو جاتی ہے اور اس کے بعد وہ پھر بتدریج بڑھنے لگتی ہے - یہ بات ذیل کے نقشے سے

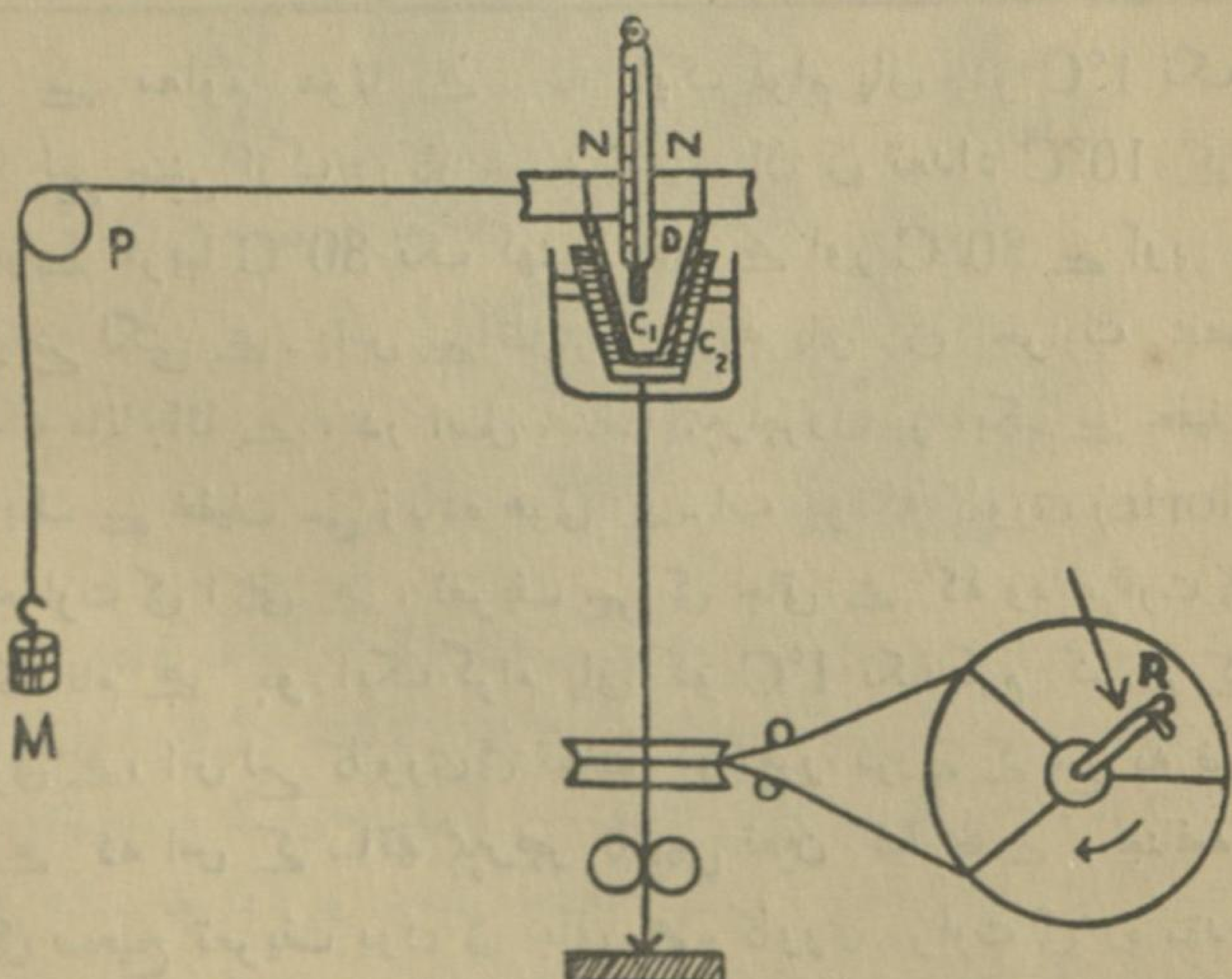
ظاہر ہے جس میں ایک خانے میں ٹمپریچر اور دوسرے خانے میں J کی قیمت (ارگ) میں دی گئی ہے - یہ قیمت اس کام کو ظاہر کرتی ہے جو ایک گرام پانی کو 1°C تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتا ہے -

ٹمپریچر	ارگ ، جو ایک گرام پانی کو 1°C تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتے ہیں
10	$4{\cdot}196 \times 10^7$
15	$4{\cdot}188 \times 10^7$
20	$4{\cdot}181 \times 10^7$
25	$4{\cdot}176 \times 10^7$
30	$4{\cdot}174 \times 10^7$
35	$4{\cdot}175 \times 10^7$

اس نقشے سے معلوم ہوتا ہے کہ ایک گرام پانی کو 1°C تک گرم کرنے کے لیے جتنے ارگ درکار ہوتے ہیں ، ان کی تعداد 10°C کے اوپر جاتے ہوئے قریباً 30°C تک گھٹتی جاتی ہے اور 30°C سے اوپر جاتے ہوئے بڑھنے لگتی ہے - اس سے ظاہر ہے کہ پانی کی حرارت مخصوصہ جسے ایک ماناجاتا ہے ، در اصل مختلف ٹمپریچروں پر ایک سے خفیف سی کم یا ایک سے خفیف سی زیادہ ہوتی ہے - اب چونکہ کلوری (Calorie) کی جو حرارت کی اکائی ہے ، تعریف یہی کی جاتی ہے کہ وہ حرارت کی اس مقدار کا نام ہے جو ایک گرام پانی کو 1°C تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے، اس لیے کلوری کی قیمت کو مقرر کرنے کے لیے یہ ضروری ہوجاتا ہے کہ اس کے ساتھ ٹمپریچر کا بھی تعین کیا جائے - چنانچہ اب کلوری کی صحیح تعریف یوں کی جاتی ہے - کلوری حرارت کی وہ مقدار ہے جو ایک گرام پانی کو 1°C تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے جب کہ پانی کا اوسط ٹمپریچر 15°C ہوا - دوسرے لفظوں میں یوں کہا جا سکتا ہے کہ ایک کلوری حرارت کی وہ مقدار ہے جو ایک گرام پانی کو 14·5°C سے 15·5°C تک گرم کرنے میں صرف ہوتی ہے - اس کو 15°C کلوری کہتے ہیں -

J کی قیمت معلوم کرنے کا سرلے کا طریقہ (Searle's method) -

پیتل کی ایک مخروطی پیالی (C_1) اس قسم کی ایک اور مخروطی پیالی (C_2) کے اندر اچھی طرح فٹ کی ہوتی ہے اور اس اندرونی پیالی میں پانی پڑا ہوتا ہے - دونوں پیالیاں دھات کے بکس میں رکھی ہوتی ہیں اور بکس کی اندرونی دیواروں پر کارک کا استر کیا ہوتا ہے تا کہ اس میں سے حرارت کا اخراج نہ ہو سکے - بیرونی مخروطی پیالی C_2 کے ساتھ ایک دھرا پیوست ہوتا ہے، جس کو چرخی اور پہیئے کے ذریعے ہاتھ سے یا انجن سے گھمایا جاسکتا ہے - بیرونی مخروطی پیالی C_2 کو اس طور سے گھمائے جانے پر بکس بھی اس کے ساتھ ہی چکر کھاتا ہے البتہ اندرونی پیالی (C_1) کے متعلق یہ خاص انتظام کیا جاتا ہے کہ وہ بیرونی پیالی (C_2) کے ساتھ گھومنے نہ پائے - اس مقصد کے لیے اندرونی مخروطی پیالی



C_1 کے منہ پر ایک مضبوط ڈھکنا دیا جاتا ہے اور اس ڈھکنے کے گرد ایک ڈور کو لپیٹ دیا جاتا ہے جس کا بیرونی سرا ایک چرخی (Pulley) P پر سے گزرتا ہے جس کے بعد اس کے ساتھ ایک بوجھ لٹکا دیا جاتا ہے - اس مخروطی پیالی C_1 کے کنارے پر دو کیلیں اوپر کو ابھری ہوئی ہوتی ہیں جو ڈھکنے کے دو سوراخوں کے اندر آ جاتی ہیں - اس طرح

ڈھکنا اور پیالی دونوں ایک دوسرے کے ساتھ جکڑ جاتے ہیں اور ڈھکنے کی حرکت پیالی کی حرکت کے بغیر نہیں ہو سکتی - اب صورت یہ ہوتی ہے کہ جب بیرونی پیالی کو گھمایا جاتا ہے تو وہ اپنے ساتھ اندرونی پیالی کو بھی اسی سمت میں گھمانے کی کوشش کرتی ہے - ادھر اندرونی پیالی کے ڈھکنے کے ساتھ جو رسی لپٹی ہوئی اور رسی کے ساتھ جو بوجھ لٹکا ہوا ہوتا ہے، وہ دونوں اندرونی پیالی کو الٹے رخ گھمانے کی کوشش کرتے ہیں - اب ایک طرف بیرونی پیالی کی گردش کی رفتار کو کم یا زیادہ کر کے اور دوسرے طرف اندرونی پیالی کے ڈھکنے پر چڑھی ہوئی رسی کے ساتھ لٹکے ہوئے بوجھ کو گھٹا یا بڑھا کر یہ کیفیت کر دی جاتی ہے کہ یہ دونوں اثر ایک دوسرے کو زائل کرتے ہیں- اور بیرونی پیالی کی گردش کے باوجود اندرونی پیالی گھومنے نہیں پاتی - اس وجہ سے اندرونی پیالی کے ساتھ ملحقہ بوجھ M جس لیول پر لٹک رہا ہوتا ہے، وہی قائم رہتا ہے ، اس سے اوپر یا نیچے ہونے نہیں پاتا - اس حالت میں بیرونی پیالی کی گردش اور اندرونی پیالی کی مزاحمت ان دونوں کے عمل سے ان کے درمیان رگڑ کام کرنے لگتی ہے - اور رگڑ کا یہ کام حرارت پیدا کرتا ہے جو اندرونی پیالی میں پڑے ہوئے پانی کے ٹمپریچر کو اونچا کر دیتا ہے -

چونکہ رگڑ کا یہ کام اندرونی پیالی پر عمل کرنے والے جفتے (Couple) اور بیرونی پیالی کی گردش سے ظہور میں آتا ہے، اس لئے یہ کام اس جفتے اور گردش کے زاویے کے حاصل ضرب (یعنی جفتے × زاویے) کے برابر ہوتا ہے - اگر اندرونی پیالی کے گول ڈھکنے کا قطر r ہو اور اس پر لپٹی ہوئی رسی کے ساتھ بندھا ہوا باٹ M کمیت کا ہو تو اس جفتے کی قیمت Mgr ہو گی - دوسری جانب اگر تجربے کے دوران میں بیرونی پیالی n بار گردش کرے تو اس کا طے کردہ زاویہ $2\pi n$ ہو گا - اس لیے اگر رگڑ کا کام جو حرارت میں تبدیل ہوتا ہے ، W ہو تو

$$W = Mgr \times 2\pi n = 2\pi n Mgr$$

[اس کی مزید تفصیل اوپر کے تجربے میں گزر چکی ہے]

اگر دونوں پیالیوں کی کمیت m_1 ہو، ان کی حرارت مخصوصہ s ہو تو ان کا آب مساوی (Wate requivalent) $w=m_1s$ ہوگا - پھر اگر اندرونی پیالی میں بڑے ہوئے پانی کا ماس یعنی کمیت m ہو اور تجربے کے دوران میں اس کا ٹمپریچر t_1 سے بڑھ کر t_2 ہو جائے تو پیدا شدہ حرارت H کو یوں معلوم کیا جا سکتا ہے -

$$H=(m+w)(t_2-t_1)$$

$$\because \quad J=\frac{W}{H}$$

$$\therefore \quad J=\frac{2\pi n Mgr}{(m+w)(t_2-t_1)}$$

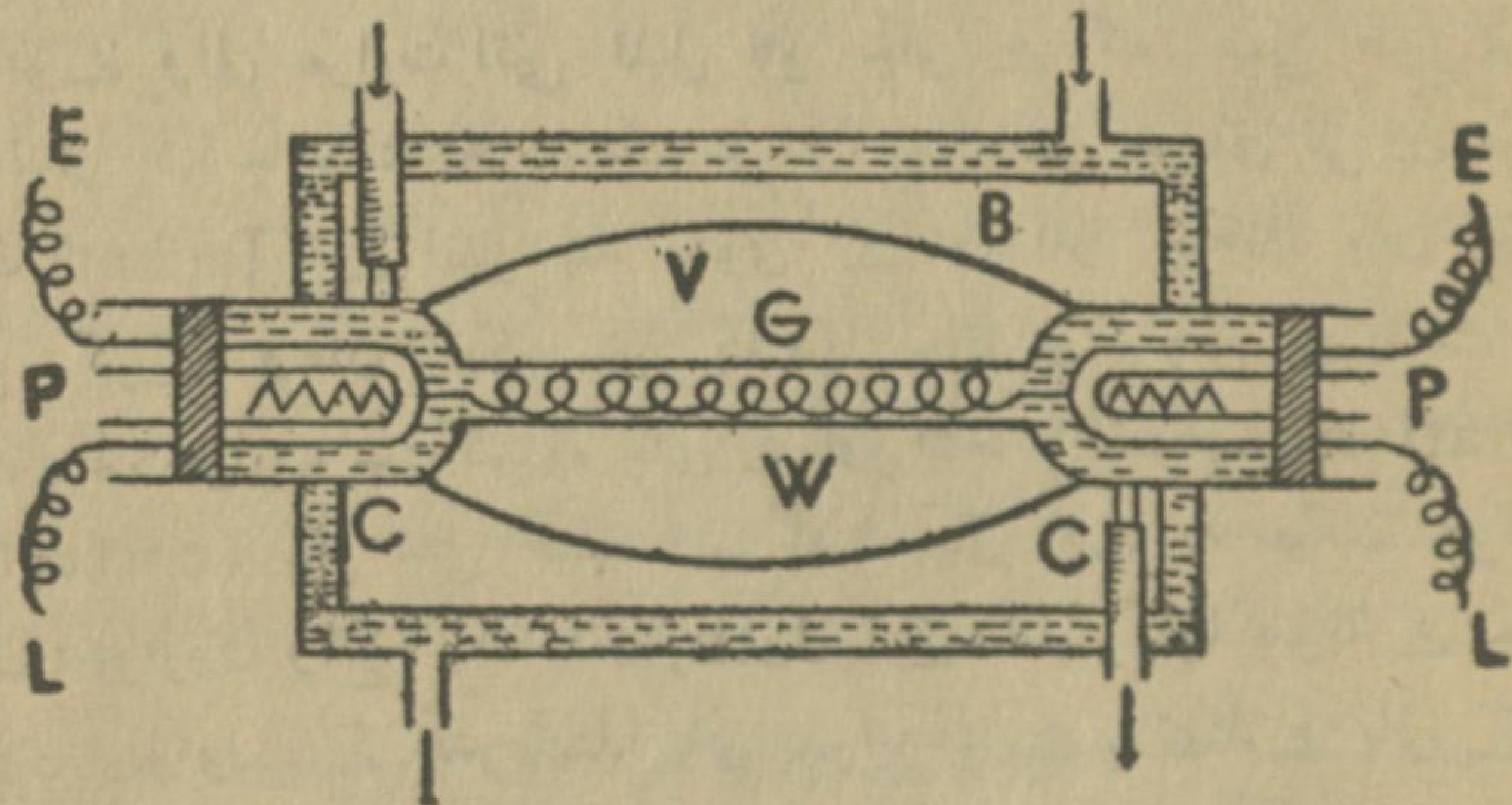
اس تجربے میں t_1 اور t_2 کو ناپنے کے لیے ایک حساس تھرمامیٹر کا استعمال کیا جاتا ہے - (جیسا کہ وہ شکل میں دکھائی دے رہا ہے) -

J کو معلوم کرنے کا برقی طریقہ (Electric method) -

حرارت کے کار مساوی J کی قیمت معلوم کرنے کا یہ طریقہ دو سائنس دانوں کیلنڈر (Callender) اور بارنز (Barnes) کے ساتھ منسوب ہے اور اس لیے یہ کیلنڈر اور بارنز کا طریقہ (Callender and Barners' method) کہلاتا ہے - در اصل یہ طریقہ بارنز کی اختراع ہے اور اس کے لیے آلہ بھی اسی نے 1899ء میں بنایا تھا ، مگر اس آلے کے ذریعے J کی قیمت معلوم کرنے کے تجربات اس کی نگرانی میں کیلنڈر نے کیے -

اس آلے میں G شیشے یا کوائز (Quartz) کی ایک تنگ نلی ہے جس کے اطراف میں دو چوڑے برتن لگے ہوتے ہیں - ان برتنوں میں ایک ایک نکاس نلی لگی ہوئی ہوتی ہے - چنانچہ تجربے کے دوران میں ایک نکاس نلی میں سے پانی اس آلے کے اندر آتا ہے اور تنگ نلی G میں سے ہو کر دوسرے برتن کی نکاس نلی میں سے باہر نکل جاتا ہے - اس طرح آلے میں پانی کا بہاؤ مسلسل طور پر جاری رہتا ہے - تنگ نلی G کے اندر پلاٹینم کے ایک تار کو لپیٹ دے دے کر اور اسے ایک لمبے لچھے یعنی کوائل کی صورت میں تبدیل کرکے داخل کر دیا جاتا ہے - اس

تار کے دونوں سروں کے ساتھ تانبے کی دو موٹی اور چوڑی نلیاں (C اور C) پیوست ہوتی ہیں ، جو تنگ نلی کے پہلوؤں میں لگے ہوئے چوڑے برتنوں میں داخل کی ہوتی ہیں - تانبے کی ان موٹی اور



چوڑی نلیوں کے ساتھ دو رہنما تار L اور L جڑے ہوتے ہیں جن کے ذریعے پلاٹینم کے لچھے دار تار میں (جو تنگ نلی G کے اندر ہوتا ہے) حسب ضرورت ایک برقی رو (Current) گزاری جاتی ہے - اس مقصد کے لیے عموماً ایک معیاری سیل (Standard cell) یا معیاری سیلوں (Cells) کی ایک بیٹری کو کام میں لایا جاتا ہے - تانبے کی انھیں موٹی اور چوڑی نلیوں (C اور C) کے ساتھ دو اور رہنما تار (E اور E) بھی لگے ہوتے ہیں جن کو ایک حساس (Sensitive) وولٹ میٹر یا ایک پوٹانشومیٹر (Potentio meter) کے ساتھ جوڑ کر لچھے W کے سروں کے درمیان پوٹانشل کے فرق کی پیمائش کی جا سکتی ہے - تانبے کی ان چوڑی نلیوں میں سے ہر ایک کے اندر ایک ایک پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر (Resistance thermo-meter) T داخل کیا ہوتا ہے - ان تھرمامیٹروں کے ذریعے نلی G میں بہنے والے پانی کا ٹمپریچر دو مقاموں پر معلوم کیا جاتا ہے - اول جہاں وہ اس نلی کے اندر داخل ہوتا ہے اور دوسرے جہاں وہ نلی کے طول میں بہنے اور اس کے برقی لچھے سے حرارت حاصل کرکے گرم ہونے کے بعد اس میں سے خارج ہوتا ہے - تانبے کی موٹی نلیوں (C اور C) کا جن کے اندروں میں مزاحمتی تھرمامیٹر داخل ہوئے ہوتے ہیں ، فائدہ دو گونہ ہے - تانبا چونکہ حرارت کا بہت عمدہ موصل (Good conductor) ہے ، اس لیے مزاحمتی تھرمامیٹر کے بلب کا ٹمپریچر

تھوڑی دیر میں وہی ہو جاتا ہے جو اندر کے پانی کا ہوتا ہے ۔ علاوہ ازیں چونکہ تانبے کی یہ نلیاں کافی موٹی ہوتی ہیں ، اس لیے ان کی مزاحمت بہت کم ہوتی ہے اس وجہ سے برق رو کے اثر سے خود ان کے اندر پیدا ہونے والی حرارت اتنی قلیل ہو جاتی ہے کہ عملی طور پر اسے نظر انداز کیا جا سکتا ہے ۔ تنگ نلی G جو اصلی تجرباتی نلی ہے ، ایک جیکٹ (Jacket) کے اندر بند ہوتی ہے اور اس جیکٹ میں سے ہوا خارج کرکے وہاں ایک خلا بنا دیا جاتا ہے ، جس کے باعث خارج ہونے والی حرارت بہت کم رہ جاتی ہے اور اشعاعی تصحیح (Radiation correction) بھی اسی نسبت سے گھٹ جاتی ہے ۔ یہ جیکٹ خود بھی دھری دیواروں والے ایک باتھ (Bath) کے اندر رکھا ہوتا ہے جس کی دوھری دیواروں کے اندر ٹھنڈا پانی بھرا رہتا ہے ۔ ٹھنڈے پانی کے بہنے سے باتھ کا اپنا ٹمپریچر ایک خاص قیمت پر برقرار رہتا ہے جس سے اشعاعی تصحیح کی قیمت جو پہلے ہی بہت کم ہوئی ہوتی ہے ، ایک مستقل قیمت اختیار کر لیتی ہے

تجربہ کرنے کے لیے تجرباتی نلی G کے اندر پانی کے بہاؤ کو جاری کر دو اور ساتھ ہی اس نلی کے اندر کے لچھے W میں برق رو گزارنی شروع کر دو ۔ یہ برق رو لچھے کے اندر حرارت پیدا کرتی ہے اور لچھا یہ حرارت بہنے والے پانی کو دیتا ہے جس کا ٹمپریچر بڑھنے لگتا ہے ۔ کچھ عرصے کے بعد یہ کیفیت ہو جاتی ہے کہ نلی G کے اندر داخل ہونے والے پانی کا ٹمپریچر θ_1 اور نلی سے خارج ہونے والے پانی کا ٹمپریچر θ_2 (جو پہلے ٹمپریچر θ_1 سے کافی اونچا ہوتا ہے) ، دونوں اپنی اپنی قیمتوں پر برقرار ہو جاتے ہیں اور جہاں تک ٹمپریچر کا تعلق ہے ، پانی کے اندر استقلال کی حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے ۔ اس وقت مزاحمتی تھرمامیٹر (Resistance thermometer) کی مدد سے ان ٹمپریچروں یعنی θ_1 اور θ_2 کی پیمائش صحیح صحیح کر لو ۔ اسی وقت ایک سٹاپ واچ یا برق کلاک کی مدد سے کسی مناسب وقفے یعنی وقت t کے اندر نلی G میں سے بہنے والے پانی کو ایک بیکر میں جمع کرو اور ترازو سے اس کا ماس یعنی کمیت

m نکالو - علاوہ ازیں پوٹانشومیٹر (Potentio meter) یا وولٹ میٹر کی مدد سے لچھے G کے آر پار پوٹانشل کا فرق E ناپو اور ایک ایم میٹر کے ذریعے اس کے اندر بہنے والی برق رو (Electric current) I کی قیمت بھی دریافت کرو - برق رو کی یہ قیمت I ایم میٹر کے بغیر یعنی مذکورہ پوٹانشو میٹر کی مدد سے بھی معلوم کی جا سکتی ہے جس کی صورت یہ ہے کہ برق سرکٹ (Circut) کے اندر کسی مقام پر ایک اوہم (Ohm) مزاحمت کا ایک معیاری کوائل (Standard coil) ایک سلسلے میں (in series) جوڑ دیا جاتا ہے - اور پھر پوٹانشو میٹر کو اس کوائل کے آر پار لگا کر اس کے سروں کے درمیان پوٹانشل کا فرق وولٹ میں ناپا جاتا ہے - چونکہ اوھم کے قانون (Ohm's law) کے مطابق $\frac{\text{وولٹ}}{\text{ایمپیر}}$ ، اوھم کے برابر ھوتا ہے اور یہاں اوھم کی قیمت ایک ہے ، اس لیے پوٹانشل کا فرق جتنے وولٹ نکلتا ہے ، سرکٹ (Circut) میں بہنے والی برق رو I کی قیمت اتنے ایمپیر (Ampere) ھوتی ہے اور اس طرح یہ قیمت معلوم ھو جاتی ہے -

اب چونکہ t وقت میں بہنے والے پانی کا ماس یعنی کمیت m ہے اور اس کا ٹمپریچر θ_1 سے θ_2 تک بڑھتا ہے ، اس لیے اس پانی کی جذب کردہ حرارت $m(\theta_2-\theta_1)$ ہے - اگر ان تمام تدابیر کے باوجود جو حرارت کو ارد گرد نکلنے سے روکنے کے لیے کی جاتی ھیں اور جن کی تفصیل پہلے گزر چکی ہے ، ایک قلیل سی حرارت R تجربے کے دوران میں ارد گرد کو خارج ھو جائے تو برق رو سے پیدا ھونے والی کل حرارت $m(\theta_2-\theta_1)+R$ ھوگی - پس اگر اس حرارت کو H سے تعبیر کیا جائے تو

$$H=m(\theta_2-\theta_1)+R$$

تجربے کے دوران میں برق رو جو کام کرتی ہے وہ Eit ہے - اس لیے اگر اس کام کو W سے ظاھر کیا جائے تو

$$W=Eit$$

یہاں یہ یاد رکھنا چاہیے کہ چونکہ E پوٹانشل کی عملی اکائی وولٹ میں اور i برق رو کی عملی اکائی ایمپیر میں ناپے گئے ہیں - اس لیے Eit سے جو کام W نکلتا ہے وہ بھی کام کی عملی اکائی جاؤل میں ہوتا ہے -

$$\therefore \quad W = Eit \quad (\text{جاؤل})$$

$$\because \quad J = \frac{W}{H}$$

$$\therefore \quad J = \frac{Eit}{m(\theta_2 - \theta_1) + R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

جب ایک بار تجربے سے m ، $(\theta_2 - \theta_1)$ ، E ، i اور t کی پیمائیشیں ہو چکتی ہیں تو E اور i کی قیمتیں بدل کر E' اور i' کر دی جاتی ہیں - اس سے لچھے W میں حرارت ایک نئی شرح سے پیدا ہونے لگتی ہے جو پہلی شرح سے زیادہ یا کم ہو سکتی ہے - اس وقت نلی G میں پانی کے بہاؤ کی شرح کو بھی اس طور سے زیادہ یا کم کیا جاتا ہے کہ پانی کا ٹمپریچر داخل ہونے کے مقام پر پہلے کی طرح θ_1 اور خارج ہونے کے مقام پر پہلے کی طرح θ_2 ہی رہتا ہے - اس دوسرے تجربے میں بھی وقت t میں بہنے والے پانی کا ماس یعنی کمیت m' ترازو سے معلوم کر لی جاتی ہے - یہ وقت تو وہی t ہوتا ہے جو پہلے تجربے میں لیا گیا تھا ، البتہ چونکہ پانی کا بہاؤ اب مختلف شرح سے ہو رہا ہوتا ہے اس لیے وقت t میں بہنے والے پانی کا ماس یعنی کمیت جو پہلے تجربے میں m تھا ، اس دوسرے تجربے میں مختلف یعنی m' ہو جاتا ہے - اس دوسرے تجربے میں البتہ θ_1 اور θ_2 کے وہی رہنے سے جو حرارت اردگرد کو خارج ہوتی ہے اس کی قیمت بھی وہی R رہتی ہے ، جو پہلے تجربے میں تھی -

اب اگر برق رو سے پیدا شدہ حرارت H' ہے ، برق رو کی قیمت i' ہو اور لچھے کے آر پار عمل کرنے والا پوتانشل E' ہو تو اس دوسرے تجربے میں

$$H' = m'(\theta_2 - \theta_1) + R$$

اور

$$W' = E'i't$$

$$\therefore \quad J=\frac{W}{H}$$

$$\therefore \quad J=\frac{E'i't}{m'(\theta_2-\theta_1)+R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

(*i*) سے

$$Jm(\theta_2-\theta_1)+JR=Eit \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(iii)$$

(*ii*) سے

$$Jm'(\theta_2-\theta_1)+JR=E'i't \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(iv)$$

(*iii*) میں سے (*iv*) تفریق کرنے سے

$$Jm(\theta_2-\theta_1)-Jm'(\theta_2-\theta_1) =Eit-E'i't$$

یا
$$J=\frac{Eit-E'i't}{m(\theta_2-\theta_1)-m'(\theta_2-\theta_1)}$$

$$\therefore \quad J=\frac{(Ei-E'i')t}{(m-m')\,(\theta_2-\theta_1)}$$

اس طرح دوہرا تجربہ کرنے کا فائدہ یہ ہے کہ اردگرد کو خارج ہونے والی حرارت سے J کی قیمت پر جو اثر پڑتا تھا ، وہ نہیں پڑتا اور اس وجہ سے J کی یہ قیمت نہایت صحیح نکلتی ہے -

کیلنڈر اور بارنز کے اس برق طریقے کے فوائد حسب ذیل ہیں -

۱- اردگرد کو خارج ہونے والی حرارت اس تجربے میں اتنی خفیف رہ جاتی ہے کہ اگر اسے نظر انداز بھی کر دیا جائے اور J کو نکالنے کے لیے تخمینی کلیہ

$$J=\frac{Eit}{m(\theta_2-\theta_1)}$$

استعمال کیا جائے تو بھی عملی طور پر کچھ فرق نہیں پڑتا -

۲- چونکہ حرارت برق طریقے سے پیدا ہوتی ہے اس لیے اس کے مساوی کام کا حساب لگانا آسان ہوتا ہے -

۳- چونکہ پیمائش کے وقت دونوں ٹمپریچر θ_1 اور θ_2 اپنی اپنی قیمتوں پر برقرار رہتے ہیں اس لیے ان کو نہایت صحیح صحیح ناپا جاسکتا ہے -

۴- آلے کی حرارتی گنجائش (Thermal capacity) کو حساب میں لانے کی ضرورت نہیں پڑتی کیونکہ آلے کے مختلف حصوں کے ٹمپریچر جس جس درجے پر قائم ہوجاتے ہیں ، اسی درجے پر برقرار رہتے ہیں -

۵- اس تجربے کا آلہ نسبتاً کم جگہ گھیرتا ہے -

۶- یہ طریقہ بہت صاف ستھرا ہے -

J کی دریافت کردہ قیمتیں - J کی جو قیمت مختلف سائنس دانوں نے مختلف زمانوں میں اور مختلف طریقوں سے نکالی ہے ، وہ قریباً تو $4\cdot2 \times 10^7$ ارگ فی کلوری یا 4·2 جاؤل فی کلوری ہی ہوتی ہے مگر ویسے ان مختلف سائنس دانوں کی دریافت کردہ قیمتوں میں خفیف سا اختلاف بھی پایا جاتا ہے جس کا ہر تجرباتی نتیجے میں موجود ہونا بالکل قدرتی ہے -

جاؤل کی دریافت کردہ قیمتیں - جاؤل نے اپنے تجربے کو پہلے پانی سے اور پھر پارے سے دھرایا تھا - اس کے علاوہ اس نے برق طریقے کا بھی استعمال کیا تھا - ان تجربوں کا آغاز اس نے 1840ء میں کیا تھا اور 1840ء سے 1870ء تک کے تیس سال اُس نے اس کام میں گزار دیے - اس کی تحقیقات کے مطابق پانی کے ساتھ تجربہ کرنے پر J کی قیمت $4\cdot16 \times 10^7$ ارگ فی کلوری ، پارے کے ساتھ تجربہ کرنے پر J کی قیمت $4\cdot169 \times 10^7$ ارگ فی کلوری اور برق طریقے سے J کی قیمت $4\cdot52 \times 10^7$ نکلی تھی - ان میں سے پہلی دو قیمتیں زیادہ صحیح تھیں -

ہرن (Hirn) کی دریافت کردہ قیمت - جاؤل ہی کے زمانے میں ایک سائنس دان ہرن (Hirn) نے بھاپ کے انجن میں کیے ہوئے کام اور صرف شدہ حرارت کو ناپ کر J کی قیمت $4\cdot18 \times 10^7$ ارگ فی کلوری قرار دی تھی - اس زمانے کے معیار کے مطابق یہ قیمت سب سے زیادہ صحیح تھی -

رولینڈ کی دریافت کردہ قیمت - رولینڈ (Rowland) نے اپنے تجربے میں جس کی تفصیل پہلے دی جا چکی ہے ، 1879ء میں J کی قیمت مختلف ٹمپریچروں پر ناپی اس کے حاصل کردہ نتائج کے مطابق J کی قیمت مختلف ٹمپریچروں پر تھوڑی بہت کم و بیش ہوتی جاتی تھی جیسا کہ ذیل کے نقشے سے ظاہر ہے -

ٹمپریچر	J	
10°C	$4{\cdot}196 \times 10^7$	(ارگ فی کلوری)
15°C	$1{\cdot}188 \times 10^7$	,,
20°C	$4{\cdot}181 \times 10^7$	,,
25°C	$4{\cdot}176 \times 10^7$	,,
30°C	$4{\cdot}174 \times 10^7$	,,
35°C	$4{\cdot}175 \times 10^7$	,,

مختلف ٹمپریچروں پر J کی قیمت میں اس اختلاف کی وجہ یہ ہے کہ ایک گرام پانی کو 1°C تک گرم کرنے کے لیے جس حرارت کی ضرورت ہوتی ہے اور جو تعریف کے مطابق **کلوری** کہلاتی ہے۔ اس کی مقدار خفیف سی کم و بیش ہوتی رہتی ہے - اس وجہ سے J کی قیمت کا تعین کرنے کے لیے کلوری کو اب 15°C کلوری لیا جاتا ہے - جیسا کہ اس سے پہلے بھی بیان کیا جا چکا ہے 15°C کلوری حرارت کی وہ مقدار ہوتی ہے جو ایک گرام پانی کو 15°C کے گرد 1°C تک گرم کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے - رولینڈ کے تجربات کے مطابق جب کلوری سے 15°C کلوری مراد لی جائے تو J کی قیمت $4{\cdot}187 \times 10^7$ ارگ کلوری نکلتی ہے -

کیلنڈر اور بارنز کی دریافت کردہ قیمت - کیلنڈر (Callender) اور بارنز (Barnes) نے برقی طریقے سے J کی جو قیمت (15°C کلوری) کے لیے معلوم کی ، وہ $4{\cdot}187 \times 10^7$ ارگ تھی -

J کی سب سے زیادہ صحیح قیمت - 1921ء سے لے کر 1941ء تک ، ان بیس سالوں میں بہت سے سائنس دانوں نے جدید ترین آلات کی

مدد سے کامل احتیاطیں لے کر J کی قیمت دریافت کی - ان کی تحقیقات کے مطابق J کی سب سے صحیح قیمت (15°C کلوری کے لیے) $4{\cdot}1855 \times 10^7$ مانی گئی ہے - آج کل طبیعیات کے عام حساب کتاب میں J کی قیمت $4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ فی کلوری لی جاتی ہے - مگر جب زیادہ صحیح نتائج معلوم کرنے ہوں تو J کو $4{\cdot}186 \times 10^7$ ارگ شمار کیا جاتا ہے -

حسابی مثالیں

Example 1. The height of Niagra Fall is 50 metres. Calculate the difference in temperature of the water at the top and the bottom of the fall, if J is $4{\cdot}2 \times 10^7$ ergs per calorie. It is assumed that all the heat produced is absorbed by water.

نیاگرا آبشار کی بلندی 50 میٹر ہے - اس کی چوٹی پر اور اس کے دامن میں اس کے پانی کے ٹمپریچر کا فرق معلوم کرو جب کہ J کی قیمت 4.2×10^7 ارگ فی کلوری ہے - یہ فرض کر لیا گیا ہے کہ جتنی حرارت پانی کے گرنے سے پیدا ہوتی ہے وہ پانی ہی میں جذب ہو جاتی ہے -

فرض کیجیے کہ ایک خاص وقت میں m گرام پانی نیچے گرتا ہے - تب

پانی کا وزن $= mg = m \times 980$ (ڈائن)

$h =$ آبشار کی بلندی = گرنے میں پانی کا طے کردہ فاصلہ

$= 50\ m = 5000$ cms.

پانی کے گرنے سے اس کا کیا ہوا کام $= W = mgh$

$= m \times 980 \times 5000 = m \times 49 \times 10^5$ (ارگ)

$J = 4{\cdot}2 \times 10^7$ (ارگ)

پیدا شدہ حرارت $= H = \dfrac{W}{J} = \dfrac{m \times 49 \times 10^5}{4{\cdot}2 \times 10^7}$

$$=\frac{m\times 49}{420}=\frac{7m}{60}$$ (کلوری)

$\theta=$ پانی کے ٹمپریچر کی کمی

$S=1=$ پانی کی حرارت مخصوصہ

$mS\theta=m\theta=$ پانی کی حاصل کردہ حرارت

چونکہ پیدا شدہ حرارت تمام کی تمام پانی حاصل کر لیتا ہے اس لیے

$$m\theta=\mathrm{H}=\frac{7m}{60}$$

$$\therefore\quad \theta=\tfrac{7}{60}=0{\cdot}117^{\circ}\mathrm{C}$$

پس نیاگرا آبشار کی چوٹی پر اور اس کے دامن میں پانی کے ٹمپریچر کا فرق $0{\cdot}117^{\circ}$C ہے ۔

Example 2. A lead bullet at a temperature of 47·6°C strikes against an obstacle. If the heat produced by the sudden stoppage is sufficient to melt the bullet, with what velocity the bullet strikes the obstacle? It is assumed that all the heat goes to the bullet. Melting point of lead is 327°C. Specific heat of lead is 0·03 calorie per gram degree, Latent heat of fusion of lead is 6 calories per gram. J is $4{\cdot}2\times 10^{7}$ ergs per calorie.

سیسے کی ایک گولی جس کا ٹمپریچر 47·6°C ہے ، ایک رکاوٹ کے ساتھ ٹکراتی ہے ۔ اگر اس طرح اچانک رک جانے سے پیدا ہونے والی حرارت گولی کو ٹھیک پگھلانے کے لیے کافی ہو تو گولی رکاوٹ کے ساتھ کس رفتار سے ٹکراتی ہے ۔ سیسے کے پگھلاؤ کا درجہ 327°C ہے ، سیسے کی حرارت مخصوصہ 0·03 کلوری فی گرام ڈگری ہے ، سیسے کی پگھلاؤ کی مخفی حرارت 6 کلوری فی گرام ہے اور J کی قیمت $4{\cdot}2\times 10^{7}$ ارگ فی کلوری ہے ۔

$m=$ گولی کی کمیت

$v=$ گولی کی رفتار

$\frac{1}{2}mv^2=$ گولی کی حرکتی توانائی

جب گولی رکاوٹ کے ساتھ ٹکرا کر رک جاتی ہے تو یہ حرکتی توانائی حرارت میں تبدیل ہو جاتی ہے ، اس لیے اس طور سے پیدا شدہ حرارت

$$=\frac{1}{2}mv^2/J=\frac{mv^2}{2\times 4{\cdot}2\times 10^7}$$

جب گولی یہ حرارت جذب کرتی ہے تو پہلے اس کا ٹمپریچر 47·6°C سے بڑھ کر 327°C ہو جاتا ہے اور پھر 327°C پر یہ گولی ٹھوس سے مائع حالت میں تبدیل ہوتی ہے -

(کلوری) $S=0{\cdot}03=$ سیسے کی حرارت مخصوصہ

(کلوری) $L=6=$ سیسے کی مخفی حرارت

$\theta=327-47{\cdot}6=279{\cdot}4=$ سیسے کی گولی کے ٹمپریچر میں زیادتی

$mS\theta+mL=$ گولی کی حاصل کردہ حرارت

$$=m\times 0{\cdot}03\times 279{\cdot}4+m\times 6$$
$$=8{\cdot}382m+6m=14{\cdot}382m$$

$\because$ پیدا شدہ حرارت = حاصل کردہ حرارت

$$\therefore \quad \frac{mv^2}{2\times 4{\cdot}2\times 10^7}=14{\cdot}382m$$

یا $v^2=14{\cdot}382\times 8{\cdot}4\times 10^7$

$$\therefore \quad v=\sqrt{14{\cdot}382\times 8{\cdot}4\times 10^7}$$

(سم فی سیکنڈ) $=34750$

(میٹر فی سیکنڈ) $=347{\cdot}5$

پس گولی رکاوٹ کے ساتھ 347·5 میٹر فی سیکنڈ کی رفتار سے ٹکراتی ہے -

Example 3. In an experiment using Callendar and Barnes' continuous flow method the potential difference across the wire was 3 volts and the current 2 amperes, the rise in the temeprature of water 2·7°C and the rate of flow of water 30 gms. per minute. When the rate of flow was increased to 48 gms. per minute, potential difference to 3·75 volts and the current to 2·5 amperes, the rise in the temperature of water was the same as before. Calculate the value of J.

کیلنڈر اور بارنز کے مسلسل بہاؤ کے طریقے سے کئے جانے والے ایک تجربے میں تار کے آرپار پوٹانشل کا فرق 3 وولٹ تھا اور برق رو 2 ایمپیر کی تھی - پانی میں ٹمپریچر کی زیادتی 2·7°C ہوئی تھی اور پانی کے بہاؤ کی شرح 30 گرام فی منٹ تھی - جب بہاؤ کی شرح کو 48 گرام فی منٹ تک بڑھا دیا گیا ، پوٹانشل کے فرق کو 3·75 وولٹ اور برق رو کو 2·5 ایمپیر کر دیا گیا تو پانی کے ٹمپریچر کی زیادتی پہلے جتنی ھی رھی - J کی قیمت معلوم کرو -

پہلے تجربے میں

پوٹانشل کا فرق $=E=3$ (volt)

برق رو $=i=2$ (amp)

وقت $=t=1$ min $=60$ sec.

اس وقت میں بہنے والے پانی کی مقدار $=m=30$ gms.

پانی کے ٹمپریچر کا فرق $=(\theta_2-\theta_1)=2\cdot7°C$

دوسرے تجربے میں

پوٹانشل کا فرق $=E'=3\cdot75$ volt

برق رو $=i'=2\cdot5$ (amp)

وقت $=t=1$ min $=60$ sec.

اس وقت میں بہنے والے پانی کی مقدار $=m'=48$ gms.

$$\because \quad J=\frac{(Ei-E'i)t}{(m-m')(\theta_2-\theta_1)}$$

$$\therefore \quad J=\frac{(3\times2-3\cdot75\times2\cdot5)\times60}{(30-48)\times2\cdot7}=\frac{3\cdot375}{0\cdot81}$$

$=4\cdot166$ (جاؤل) $=4\cdot166\times10^7$ (ارگ)

Example 4. In a Searle's friction cone apparatus 600 revolutions of disc produce a rise in temperature of 4·7°C in 25 gms. of water. The water equivalent of the cone is 18 gms. If the radius of the disc is 15 cms and a mass of 150 gms is suspended from it, find the value of J.

سرلے کے رگڑ کے مخروطی آلے میں قرص کی 600 گردشوں سے 25 گرام پانی کے ٹمپریچر میں 4·7°C کی زیادتی پیدا ہوتی ہے۔ مخروط کا آب مساوی 18 گرام ہے۔ اگر قرص کا نصف قطر 15 سنٹی میٹر ہو اور 150 گرام کا ایک بوجھ اس سے لٹکا ہوا ہو تو J کی قیمت معلوم کرو۔

گردشوں کی تعداد $=n=600$

بوجھ لٹکایا ہوا $=Mg=150\times980$

قرص کا نصف قطر $=r=15$ cms.

پانی کی کمیت $=m=25$ gms.

مخروط کا آب مساوی $=w=18$ gms.

ٹمپریچر کی زیادتی $=t_2-t_1=4\cdot5°C$

$$\because \quad J=\frac{2\pi nMgr}{(m+w)(t_2-t_1)}$$

$$\therefore \quad J=\frac{2\times3\cdot1416\times600\times50\times980\times15}{(25+48)\times4\cdot7}$$

$=4\cdot11\times10^7$ ergs/cal.

پس J کی قیمت $4\cdot11\times10^7$ ارگ فی کلوری نکلتی ہے۔

سوالات

Q. 1. What do you mean by mechanical equivalent of heat ? What is its value as determined by experiment ?

حرارت کے کار مساوی کے متعلق آپ کیا جانتے ہیں ؟ تجربے سے اس کی قیمت کیا نکلتی ہے؟

Q. 2. What is meant by thermo-dynamics ? State and explain the first law of thermo-dynamics ?

حرارتی حرکیات سے کیا مراد ہے؟ حرارتی حرکیات کا پہلا قانون بیان کیجیے اور اس کی تشریح فرمائیے؟

Q. 3. Give the mathematical form of the first law of thermo-dyanmics. Illustrate your answer by giving examples of internal energy and external work.

حرارتی حرکیات کے پہلے قانون کی ریاضیاتی صورت بیان کرو ؟ اندرونی توانائی اور بیرونی کام کی بعض مثالیں دے کر اپنے جواب کی وضاحت کرو ۔

Q. 4. Explain the law of conservation of energy. How has this law been modified by Einstein ?

بقائے توانائی کے قانون کی تشریح کرو ۔ آئین سٹائن نے اس قانون میں کس طور سے ترمیم کی ہے ؟

Q. 5. Describe Joule's method of determining the value of the mechanical equivalent of heat. What are the main draw-backs in this experiment ?

حرارت کے کار مساوی معلوم کرنے کا جاؤل کا طریقہ بیان کرو ؟ اس تجربے کی بڑی بڑی خامیاں کیا ہیں؟

Q. 6. Explain the method of determining the mechanical equivalent of heat by Rowland's method. How does the value of J vary with the temperature?

رولینڈ کے طریقے سے حرارت کے آب مساوی نکالنے کا طریقہ لکھو ؟ J کی قیمت ٹمپریچر کے ساتھ کس طرح بدلتی ہے؟

Q. 7. Explain Searle's apparatus and show how it can be used for determining the value of the mechanical equivalent of heat.

سرلے کے آلے کی تشریح کرو اور بتاؤ کہ اس کی مدد سے حرارت کے کار مساوی کی قیمت کس طرح نکالی جاتی ہے؟

Q. 8. Describe Callendar and Barnes' continuous flow method of measuring the mechanical equivalent of heat.

حرارت کے کار مساوی کو ناپنے کے لیے کیلنڈر اور بارنز کا مسلسل بہاؤ کا طریقہ بیان کرو۔

دسواں باب

حرارتی انجن

(HEAT ENGINE)

حرارتی انجن (Heat engine) سے ایسی مشین مراد ہوتی ہے جس کے ذریعے حرارت کو کام میں تبدیل کر کے مختلف مقاصد کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔

قدیم زمانے سے یہ بات معلوم تھی کہ جب بعض اشیاء کو گرم کیا جاتا ہے تو ان میں بڑے زور کی طاقت پیدا ہو جاتی ہے۔ چنانچہ جب کسی کیتلی میں، جس پر ڈھکنا دیا گیا ہو، پانی گرم کیا جاتا ہے تو جب پانی اُبلتا ہے اس کی بھاپ اپنے زور میں ڈھکنے کو اُٹھاتی ہے اور بعض اوقات اسے اُلٹ کر بھی پھینک سکتی ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ بھاپ میں کام کرنے کی استعداد پائی جاتی ہے۔

جب بارود کو آگ دی جاتی ہے تو وہ تیزی سے جلتا ہے۔ اس کے جلنے سے جو گیسیں پیدا ہوتی ہیں وہ بڑی شدت سے پھیلتی ہیں اور ان سے توپ کی نالی میں گولے کو سامنے پھینکنے کا کام لیا جاتا ہے۔

ہوا کے چلنے سے بادبانی جہازوں کا سمندر کی سطح پر کافی تیز رفتار سے چلنا بھی حقیقت میں حرارت ہی کی وجہ سے ہے۔ اگرچہ بظاہر تو یہی نظر آتا ہے کہ ان جہازوں کو ہوائیں اپنے زور سے چلاتی ہیں، لیکن ہواؤں میں یہ زور حرارت ہی سے آتا ہے۔ اس کی تفصیل یہ ہے کہ سورج کی حرارت سے بعض جگہ کی زمین مختلف وجوہ سے دیگر جگہوں کی زمین کی نسبتاً زیادہ تپ جاتی ہے، جس پر اس کے ساتھ لگنے والی ہوا گرم ہو کر پھیلتی ہے اور ہلکی ہو کر اوپر چڑھتی ہے۔ اس کی جگہ

لینے کو نسبتاً سرد جگہ کی ہوا آتی ہے ۔ اس طرح ہوا کا چلنا شروع ہو جاتا ہے اور اس میں توانائی پیدا ہو جاتی ہے ۔ یہی توانائی بادبانی جہاز کو سمندر میں چلاتی ہے ۔

حرارت سے اس طور پر بالواسطہ کام لینے کا سلسلہ تو قدیم زمانے سے جاری تھا ، مگر حرارت سے کام لینے کے لیے باقاعدہ انجن کی ایجاد سترھویں صدی کے آخری اور اٹھارھویں صدی کے ابتدائی سالوں میں عمل میں آئی اور اس مقصد کے لیے حرارت سے پیدا ہونے والی پانی کی بھاپ کو کام میں لایا گیا ۔ اس لحاظ سے حرارت انجنوں میں سب سے قدیم اور مشہور انجن بھاپ کا انجن یا دخانی انجن (Steam engine) ہی ہے ۔

انگلستان میں ساورے (Saverey) وہ پہلا شخص ہے جس نے 1698ء میں بھاپ کو ایک ابتدائی قسم کا انجن بنانے میں استعمال کیا ۔ یہ انجن کانوں میں سے پانی اوپر کھینچنے کے لیے استعمال کیا جاتا تھا اور اپنے عمل میں بہت ناقص تھا ، اس لیے اس کو زیادہ مقبولیت نہ ہو سکی ۔ اس زمانے میں فرانس کے سائنس دان پاپن (Papin) نے ایسے انجن کو بہتر بنانے کے لیے بعض اصلاحیں تجویز کیں اور اس موضوع پر ایک مضمون انگلستان کی رائل سوسائٹی کے رسالے میں شائع کروایا ۔ انگلستان کے ایک موجد نیو کامن (Newcomen) نے کچھ تو ان تجاویز کی روشنی میں اور کچھ اپنے دماغ کی جدت سے 1705ء میں بھاپ کا ایک اصلاح یافتہ انجن بنایا جو اپنے موجد کے نام پر نیو کامن انجن (Newcomen engine) کہلاتا تھا ۔ اس کے ذریعے بھی زمین سے پانی اوپر کھینچنے کا کام لیا جاتا تھا ۔ اس میں پہلی بار پسٹن (Piston) اور سلنڈر کو استعمال کیا گیا تھا جو اب ہر قسم کے حرارتی انجنوں کے لیے لازمی شے بن گیا ہے ۔

نیوکامن انجن ان معنوں میں تو بھاپ کا انجن تھا کہ اس میں بھاپ کا استعمال کیا جاتا تھا ، مگر بعد میں آنے والے بھاپ کے انجنوں سے وہ بنیادی طور پر مختلف تھا ۔ اس انجن کا طریق کار یہ تھا کہ اس کے سلنڈر میں ایک جوش دان یعنی بوائلر (Boiler) سے بھاپ داخل

کر دی جاتی جو اس کے پسٹن (Piston) کو اوپر اٹھاتی ، یہاں تک کہ پسٹن سلنڈر کے اوپر کے حصے تک آ جاتا ۔ اس کے بعد سلنڈر میں ٹھنڈے پانی کی ایک پھوار داخل کی جاتی جس سے بھاپ ٹھنڈی ہو کر دوبارہ مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی اور سلنڈر کے اندر ایک جزوی خلا پیدا ہو جاتا ، یعنی دوسرے لفظوں میں اس سلنڈر میں ہوا کا دباؤ گھٹ جاتا ۔ اس پر پسٹن بڑی قوت سے نیچے کو آتا ۔ اس پسٹن کا سلسلہ ایک چرخی یا لیور کی مدد سے اس ڈول وغیرہ کے ساتھ ملا دیا جاتا جو کنویں یا کان میں ڈوبا ہوا ہوتا تھا ۔ چنانچہ جب یہ پسٹن نیچے کو آتا تو پانی سے بھرا ہوا ڈول ، جو بہت بڑے سائز کا ہوتا تھا ، اوپر کو اٹھ آتا اور اس طرح کنویں یا کان سے پانی نکالنے کی صورت پیدا ہو جاتی ۔ یہ عمل ایک بار ہو چکنے کے بعد تازہ بھاپ سلنڈر میں داخل کی جاتی ہے اور انجن کا دوسرا دور شروع ہو جاتا ۔ اس تفصیل سے ظاہر ہے کہ اس انجن میں دراصل پانی کا ڈول کرہ ہوائی کے دباؤ کی قوت سے اٹھتا تھا ۔ بھاپ محض اس قوت کو بروئے کار لانے کے لیے فضا پیدا کرتی تھی ۔ اس وجہ سے سائنس دان نیو کامن انجن کو بھاپ کا انجن (Steam engine) کہنے کی بجائے کرہ ہوائی کا انجن (Atmospheric engine) کہتے تھے ۔ یہ انجن قریباً نصف صدی تک مقبول اور مروج رہا ، یہاں تک کہ انگلستان کے مشہور موجد جیمز واٹ (James Watt) نے بھاپ کا ایک حقیقی اور اصلاح یافتہ انجن بنا کر نیو کامن انجن کی افادیت اور اس کے استعمال کو عملاً ختم کر دیا ۔

جیمز واٹ (James Watt) نے نیو کامن کا زمانہ نہیں پایا ۔ نیو کامن کی وفات 66 سال کی عمر میں 1729ء میں ہوئی اور واٹ اس کی وفات کے سات سال بعد 1736ء میں پیدا ہوا ۔ لنڈن میں اس نے سائنسی آلات بنانے کا کام سیکھا اور پھر وہ گلاسگو یونیورسٹی میں آلات ساز کی حیثیت سے نوکر ہو گیا ۔ 1763ء میں یونیورسٹی کے صدر شعبہ طبیعیات نے اسے نیو کامن کے ایک انجن کی مرمت کرنے کو کہا جو یونیورسٹی کے احاطے میں نصب تھا ۔ اس نے یہ مرمت تو کر دی مگر اس کے

ساتھ اسے احساس ہوا کہ نیو کامن انجن بنیادی طور پر ناقص ہے ۔ اس پر واٹ نے ایک نیا انجن بنانے پر کام شروع کر دیا اور چند سال کی محنت کے بعد اس نے اہل عالم کے سامنے ایک ایسا انجن پیش کیا جسے بھاپ کا ایک کامل انجن کہا جا سکتا تھا ۔ اس لحاظ سے جیمز واٹ کو بھاپ کے انجن کا حقیقی موجد تسلیم کیا جاتا ہے ۔

جیمز واٹ نے اپنے بھاپ کے انجن میں جو اہم اصلاحیں کیں ان کی تفصیل تو آگے ملے گی جب بھاپ کے انجن کی ساخت اور اس کا طریق استعمال بیان کیا جائے گا ، یہاں ان اصلاحات کو مختصر الفاظ میں پیش کیا جاتا ہے :

۱ - نیو کامن انجن میں پسٹن نیچے سے اوپر بھاپ کی قوت سے اور اوپر سے نیچے کرہ ہوائی کے دباؤ کی قوت سے آتا تھا ۔ واٹ نے اپنے انجن میں پسٹن کو نہ صرف نیچے سے اوپر لے جانے میں بھاپ کا استعمال کیا بلکہ پسٹن کو اوپر سے نیچے لانے میں بھی بھاپ ہی سے کام لیا ۔ اس طرح اس نے اپنے انجن کو صحیح معنوں میں بھاپ کا انجن بنا دیا ۔

۲ - واٹ نے اپنے بعد کے انجنوں میں ناکارہ بھاپ کو کھلے بندوں کرہ ہوائی میں نکالنے کی بجائے اسے ایک مکثفہ یعنی کنڈنسر (Condenser) میں داخل کرنے کا انتظام کیا ، جس سے انجن کی کارکردگی یعنی کام کرنے کی استعداد بڑھ گئی ۔

۳ - نیو کامن کے انجن میں (جیسا کہ پہلے بیان ہو چکا ہے) بھاپ پسٹن کو محض اوپر اٹھاتی تھی اسے نیچے لانے کا کام بھاپ کی بجائے کرہ ہوائی کے دباؤ سے لیا جاتا تھا ۔ لیکن واٹ نے پسٹن کو اوپر اٹھانے اور اسے دوبارہ نیچے لانے کے دونوں کام بھاپ ہی سے لیے ۔ اس کی صورت یہ تھی کہ اس سلنڈر میں ، جس کے اندر پسٹن اوپر نیچے حرکت کرتا تھا ، پہلے بھاپ نیچے سے داخل کی جاتی جو پسٹن کو اوپر اٹھاتی اور پھر یہ بھاپ اوپر سے داخل کی جاتی جو اسے نیچے لے آتی ۔ بھاپ کو باری باری نیچے اور اوپر داخل کرنے کا کام بھی خودکار (Automatic) طریقے سے ہوتا تھا ۔

اس مقصد کے لیے سلنڈر کے آوپر اور نیچے کے حصوں میں دو گزر گاھیں (Ports) بنائی گئی تھیں اور ان کے آوپر ایک پھسلنی والو (Sliding valve) متواتر ایک طرف سے دوسری طرف اور دوسری طرف سے پہلی طرف چاتی تھی - یہ پھسانی والو اس طور چلنے کے دوران میں پہلے نیچے کی گزر گاہ کو کھولتی اور آوپر کی گزر گاہ کو بند رکھتی تو بھاپ سلنڈر میں نیچے سے داخل ھوتی اور پسٹن کو آوپر کی طرف دباتی - پھر یہ پھسلنی والو ایک قلیل وقفے کے لیے دونوں گزر گاھوں کو بند کر دیتی - اس کے بعد وہ آوپر کی گزر گاہ کو کھول دیتی اور نیچے کی گزر گاہ کو بند کر دیتی جس پر تازہ بھاپ آوپر سے داخل ھوتی اور پسٹن کو نیچے کی طرف دھکیلتی - اس طرح پسٹن سلنڈر کے اندر متواتر آوپر نیچے چلتا رھتا -

۴ - جیسا کہ آوپر بیان کیا جا چکا ھے واٹ نے پھسلنی والو کے چلانے میں یہ التزام رکھا تھا کہ پہلی گزر گاہ کے کھلنے اور دوسری گزر گاہ کے بند ھونے کے وقت جب بھاپ سلنڈر کے نیچے کے حصے میں داخل ھو کر پسٹن کو آوپر دھکیلتی تو اس کے تھوڑا عرصہ بعد ایک قلیل وقفے کے لیے دونوں گزر گاھیں بند ھو جاتیں - اس پر یہ بھاپ حرارت ناگزار طریقے (Adiabatically) سے پھیلتی اور اس کے پھیلاؤ کی قوت زیادہ سے زیادہ کام آتی - یہی صورت پسٹن کے آوپر سےنیچے آنے میں پیش آتی -

۵ - واٹ نے اپنے انجن میں ایک اور قابل قدر اصلاح کی ، یعنی اس نے انجن کے ساتھ ایک نہایت مفید پرزے کا اضافہ کیا جو گورنر (Governor) کہلاتا تھا - اس کے ذریعے انجن کے چلنے کی رفتار میں یکسانیت قائم رکھی جاتی تھی -

٦ - واٹ نے انجن کے پسٹن کے ساتھ کرینک (Crank) کا اضافہ کیا جس کی وجہ سے پسٹن کی آگے پیچھے کی حرکت کو شیفٹ (Shaft) کی گردشی حرکت میں تبدیل کرنا ممکن ھو گیا - اس کے بعد شیفٹ کے پہیے کے گھومنے سے اس پر پٹہ چڑھا کر انجن سے مختلف مشینوں کے چلانے کے کام لیے گئے اور انجن کے استعمال کا دائرہ بہت بڑھ گیا -

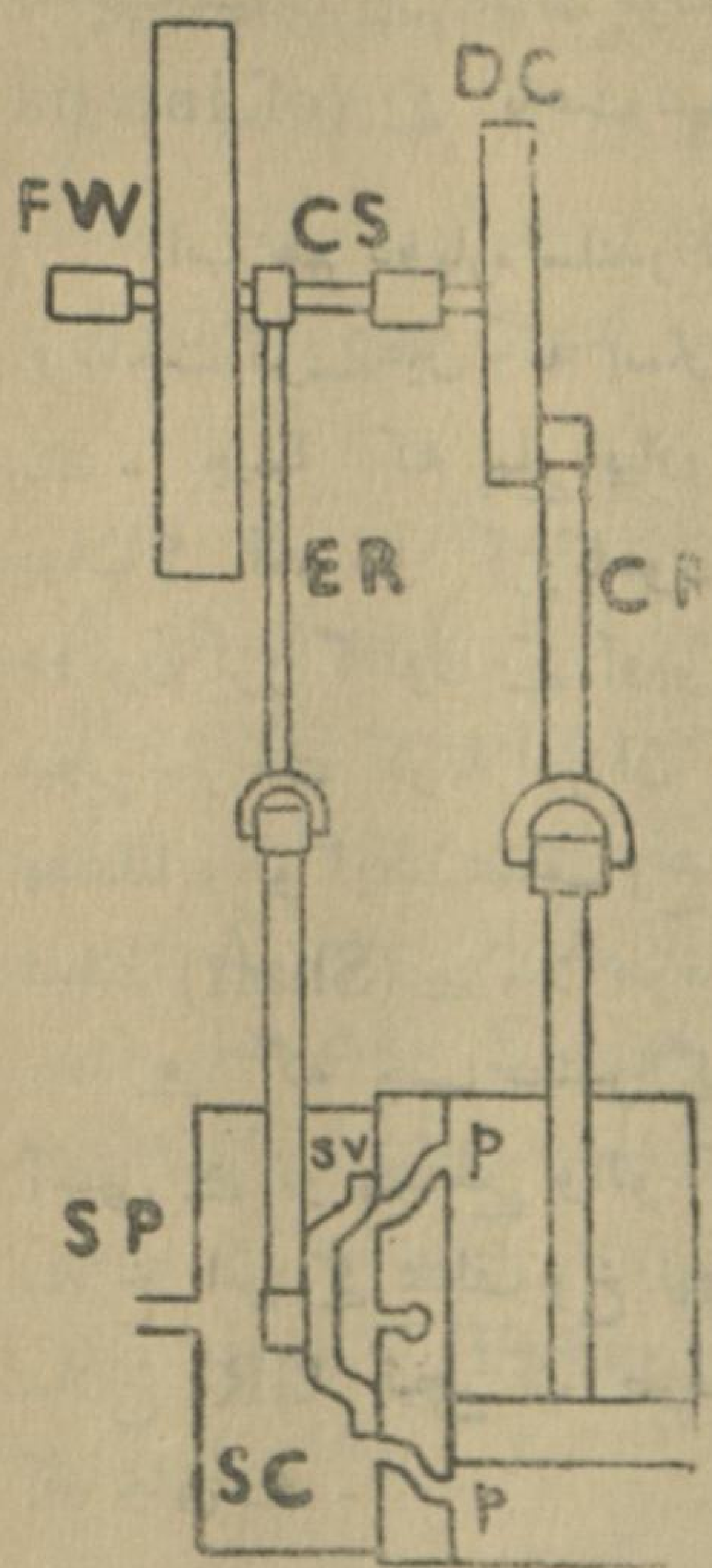
حقیقت یہ ہے کہ اگرچہ واٹ سے پہلے بھاپ کا انجن موجود تھا ، مگر وہ بہت ناقص تھا جس کی وجہ سے اس کے استعمال کا دائرہ بہت محدود تھا اور اس کی کارکردگی بہت گھٹی ہوئی تھی - لیکن واٹ نے اس انجن میں جو متعدد اصلاحیں کیں انھوں نے اس کو ایک کامل انجن بنا دیا - اس وجہ سے جیمز واٹ (James Watt) کو بھاپ کے انجن کا صحیح موجد خیال کیا جاتا ہے اور یہ دعویٰ ہر لحاظ سے صحیح ہے -

واٹ کے بعد بھاپ کے انجن میں چھوٹی چھوٹی اصلاحیں تو ہوتی رھیں ، لیکن بنیادی طور پر کوئی نمایاں تبدیلی اس میں نہیں کی گئی -

اب ہم بھاپ کے انجن کی ساخت اور استعمال بیان کرتے ھیں -

بھاپ کا انجن (Steam engine) - اس انجن کے دو بڑے حصے ھیں - ایک بوائلر (Boiler) یا جوش دان جس میں پانی کو آبال کر بھاپ بنائی جاتی ہے اور دوسرا اصلی انجن جس میں اس بھاپ سے مفید کام لیا جاتا ہے -

اصلی انجن میں جو بھاپ بوائلر سے آتی ہے اسے بھاپ کی نالی SP میں سے بھاپ خانے (SC (Steam chamber میں داخل کیا جاتا ہے- اس بھاپ کا دباؤ اور ٹمپریچر بہت بڑھا ھوتا ہے اور اس میں کام کرنے کی بہت زیادہ توانائی پائی جاتی ہے جس کے باعث اس بھاپ کو کار آمد یا زندہ بھاپ(Live steam) کا نام دیا جاتا ہے - بھاپ خانہ انجن کے سلنڈر C کے ساتھ دو گزر گاھوں P_1 اور P_2 کے ذریعے ملا ھوا ھوتا ہے اور اس سلنڈر کے اندر ایک ھوا روک ڈاٹ یعنی پسٹن (Piston) اوپر نیچے حرکت کرتا ہے - یہ پسٹن ایک ملانے والی سلاخ (Connecting rod) CR کے ذریعے ایک کرینک (Crank) کے ساتھ ملا ھوتا ہے اور کرینک (Crank) ایک گھومنے والے لٹھ کے ساتھ جس کو شیفٹ (Shaft) کہتے ھیں ، ملحق ھوتا ہے - کرینک در اصل شیفٹ کے ساتھ ملا ھوا ایک چھوٹا سا خمیدہ بازو ھوتا ہے ، جس کو ملانے والی سلاخ CR پسٹن کے ساتھ پیوستہ رکھتی ہے - کرینک کا خاص فائدہ یہ ہے کہ جب پسٹن اوپر اٹھتا ہے اور اس کی قوت ملانے والی سلاخ کے ذریعے کرینک



پر پڑتی ہے تو کرینک اپنی مخصوص شکل کے باعث گردش کرتا ہے اور ایک نیم چکر پورا کر لیتا ہے، جب پسٹن اوپر سے نیچے آتا ہے تو وہ ملانے والی سلاخ کے ذریعے کرینک کو نیچے کی طرف کھینچتا ہے جس پر کرینک اپنا بقایا نیم چکر پورا کرتا ہے - اور ایک گردش مکمل کر لیتا ہے - اس طرح پسٹن کے اوپر نیچے حرکت کرنے سے کرینک کی یہ گردش جاری رہتی ہے اور اس کے ساتھ شیفٹ بھی گھومتا جاتا ہے - کرینک کی گردش کے دوران میں دو نقاط ایسے آتے ہیں جب ملانے والی سلاخ اور کرینک بالکل ایک سیدھ میں ہوتے ہیں - اس وقت پسٹن کی طرف سے ملانے والی سلاخ کے ذریعے کرینک پر کوئی گردشی معیار (Turning moment) نہیں پڑ رہا ہوتا - انہیں ساکن نقاط (Dead points) کا نام دیا جاتا ہے البتہ چونکہ کرینک پیشتر سے گردشی حرکت میں ہوتا ہے اس وجہ سے وہ ان نقاط پر سے نکل جاتا ہے اور وہاں رکنے نہیں پاتا - اس کے برعکس جب کرینک اپنی گردش کے دوران میں ملانے والی سلاخ کے ساتھ زاویہ قائمہ بنا رہا ہوتا ہے تو اس وقت پسٹن کی قوت کا معیار جو اس پر (ملانے والی سلاخ کے ذریعے) پڑ رہا ہوتا ہے، سب سے زیادہ ہوتا ہے - یہ نقاط بھی گردش کے دوران میں دو بار آتے ہیں اور ان پر پہنچ کر کرینک کی گردش قدرتی طور تیز ہو جاتی ہے جب کہ وہ پہلے دو نقاط پر نسبتاً مدھم ہوتی ہے - اس کا نتیجہ یہ ہے کہ اگرچہ کرینک اور اس کے ساتھ شیفٹ برابر گھومتے تو رہتے ہیں، مگر ان کی گردش کی رفتار یکساں اور ہموار نہیں رہتی - چنانچہ اس گردش کو یکساں کرنے کے لئے عام طور ہر شیفٹ کے ساتھ ایک بھاری پہیہ جس کو اڑن پہیہ (Fly wheel) کہتے ہیں، لگا دیا جاتا ہے -

یہ پہیہ شیفٹ کے ساتھ گومتا ہے اور اپنے جمود کے معیار (Moment of inertia) کے باعث شیفٹ کی گردش کو ہموار کر دیتا ہے ۔

اب ہم دوبارہ سلنڈر اور پسٹن کی طرف لوٹتے ہیں اور اس امر کی وضاحت کرتےہیں کہ پسٹن کی اوپر نیچے کی حرکت کیونکر جاری رہتی ہے ۔ جیسا کہ پہلے بیان ہو چکا ہے بھاپ خانے SC سے سلنڈر C میں بھاپ کی آمد دو گزرگاہوں P_1 اور P_2 کے راستے سے ہو سکتی ہے ۔ ان دونوں گزر گاہوں کے آوپر ایک پھسلنا والو (Sliding valve) آوپر نیچے حرکت کرتا اور ان کو باری باری کھولتا اور بند کرتا ہے ۔ یہ پھسلنا والو ایک مخالف رخ سلاخ (Eccentric rod) ER کے ذریعے شیفٹ (Shaft) سے ملا ہوتا ہے۔ اس سلاخ کو مخالف رخ کہنے کی وجہ یہ ہے کہ جب سلنڈر کے پسٹن اور شیفٹ کو ملانے والی سلاخ آوپر آٹھتی ہے تو پھسلنے والو کو شیفٹ کے ساتھ ملانے والی یہ دوسری سلاخ اس کے مخالف رخ نیچے کو حرکت کرتی ہے ۔ اس طرح جب پہلی سلاخ CR نیچے کی طرف جاتی ہے تو مخالف رخ سلاخ ER آوپر کو آٹھ جاتی ہے ۔

پسٹن کے آوپر نیچے حرکت کرنے اور اس طرح انجن کے چلنے کا عمل سمجھنے کے لیے فرض کرو کہ پسٹن سلنڈر کے نیچے کے حصے میں ہے ۔ اس حالت میں پھسلنا والو نیچے کی گزر گاہ P_1 کو کھولے ہوئے ہے ۔ چنانچہ اس گزر گاہ میں سے تازہ بھاپ جو بھاری دباؤ اور اونچے ٹمپریچر پر ہوتی ہے سلنڈر کے نیچے کے حصے میں داخل ہوتی ہے ۔ اس بھاپ کی قوت سے پسٹن آوپر کو حرکت کرتا اور کرینک (Crank) کے ذریعے شیفٹ کو گھمانے لگتا ہے جس کے ساتھ ہی مخالف رخ سلاخ (eccentric rod) پھسلنے والو کو آلٹی سمت میں یعنی نیچے کو چلانے لگتی ہے ۔ اس کا نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ تھوڑے عرصے کے بعد پھسلنا والو دونوں گزر گاہوں کو ایک قلیل عرصے کے لئے بند کر دیتا ہے ، جس کے باعث سلنڈر کے نیچے کی یہ بھاپ اپنے بھاپ خانے (Steam chamber) سے کٹ جاتی ہے اور سلنڈر کے اس حصے میں محصور ہو جاتی ہے ۔ اس

وجہ سے وہ قریباً قریباً حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) پھیلتی ہے جس سے اس کا دباؤ گھٹ جاتا ہے اور اس کا ٹمپریچر کم ہو جاتا ہے۔ اس طرح اس بھاپ کی حرارت کا زیادہ سے زیادہ حصہ کام میں تبدیل ہو جاتا ہے جو پسٹن کی آوپر کی حرکت کی صورت میں ظاہر ہوتا ہے۔

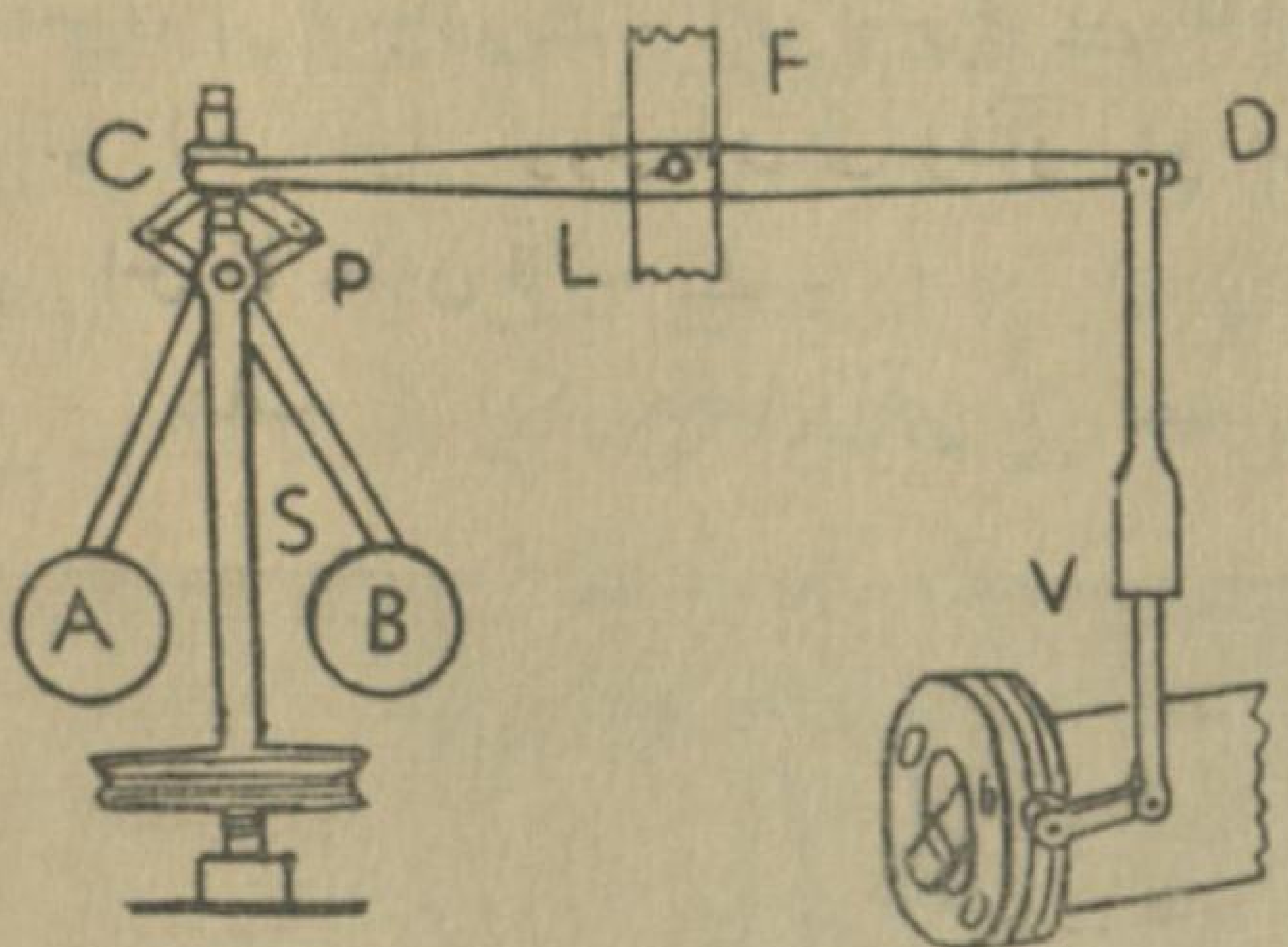
مزید تھوڑا سا وقت گزرنے پر پسٹن تو سلنڈر کے آوپر کے حصے کے قریب پہنچ جاتا ہے اور پھسلنا والو اور نیچے آ کر آوپر کی گزر گاہ P_2 کو کھول دیتا ہے۔ اس پر بھاپ خانے کی تازہ بھاپ جو بھاری دباؤ اور آونچے ٹمپریچر پر ہوتی ہے، سلنڈر کے آوپر کے حصے میں داخل ہوتی ہے جس کی قوت سے پسٹن نیچے کو حرکت کرتا ہے اور نیچے کے حصے کی بھاپ کو جو اب دباؤ اور ٹمپریچر میں کم ہونے کے باعث عملی طور پر ناکارہ ہو گئی ہوتی ہے اور اس وجہ سے مردہ بھاپ (Dead steam) کہلاتی ہے، ایک درمیانی گزر گاہ کے ذریعے باہر نکال دیتا ہے۔ اس درمیانی گزر گاہ کو اخراجی گزر گاہ (Exhaust port) کا نام دیا جاتا ہے۔ پسٹن کے نیچے آنے سے پھسلنا والو آوپر کو چلنے لگتا ہے اور تھوڑے عرصے کے بعد ایک بار پھر دونوں گزر گاہوں کو بند کر دیتا ہے اس پر آوپر کے حصے کی بھاپ حرارت ناگزار طریقے سے پھیلتی ہے اور اس کی حرارت کا بڑا حصہ پسٹن کو چلانے کے کام میں منتقل ہو جاتا ہے۔ جب یہ پسٹن نیچے پہنچتا ہے تو انجن کا ایک دور پورا ہو جاتا ہے۔ اس طرح پھسلنے والو (Sliding valve) کی آوپر نیچے اور نیچے آوپر کی مسلسل حرکت سے بھاپ باری باری دونوں گزرگاہوں میں داخل ہوتی ہے اور پسٹن کو نیچے سے آوپر اور آوپر سے نیچے حرکت دیتی ہے جس پر شیفٹ برابر گردش کرتا ہے اور انجن کا چلنا جاری رہتا ہے۔

پسٹن کی حرکت کے دوران میں اس کے آگے کی ناکارہ یعنی مردہ بھاپ (Dead steam) کبھی تو کھلے بندوں کرہ ہوائی میں نکل جاتی ہے۔ مگر زیادہ تر اس کو ایک مکثفے یعنی کنڈنسر (Condenser) میں داخل کیا جاتا ہے۔ جہاں وہ تکثیف ہو کر پانی کی صورت میں تبدیل ہو جاتی ہے۔

اس ناکارہ یعنی مردہ بھاپ کے متعلق یہ امر یاد رکھنا چاہیے کہ وہ تازہ بھاپ کے مقابلے میں ناکارہ یا مردہ کہی جا سکتی ہے کیونکہ تازہ بھاپ کے مقابلے میں اس کا دباؤ کم اور اس کی حرارت گھٹی ہوئی ہوتی ہے، مگر وہ توانائی سے خالی نہیں ہوتی۔ اس لیے بعض جدید قسم کے انجنوں میں اس بھاپ کو ایک اور سلنڈر میں داخل کر کے اس سلنڈر کے پسٹن کو حرکت دینے کا کام لیا جاتا ہے اور کبھی کبھی اس قسم کا ایک تیسرا سلسلہ بھی قائم کر دیا جاتا ہے۔ ان تدابیر سے بھاپ کی حرارت کا زیادہ سے زیادہ حصہ کام میں تبدیل ہو جاتا ہے۔

انجن کو یکساں طور پر چلنے کے لیے یہ ضروری ہے کہ بوائلر سے جو بھاپ انجن کے بھاپ خانے میں آئے، وہ ہمیشہ ایک ہی شرح سے آتی رہے، مگر بوائلر میں جب پانی حرارت سے جوش کھا کر بھاپ میں تبدیل ہوتا ہے تو یہ بھاپ ہمیشہ ایک ہی شرح سے نہیں بنتی۔ کبھی پانی کو حرارت زیادہ پہنچ جاتی ہے تو بھاپ کے بننے کی شرح تیز ہو جاتی ہے اور کبھی اس کے برعکس عمل ہوتا ہے۔ اب اگر بوائلر کو بھاپ خانے کے ساتھ معمولی طور پر ایک نلی کے ذریعے ملا دیا جائے تو اس سے یہ نقص پیدا ہو جائے گا کہ جب بوائلر میں بھاپ زیادہ شرح سے بنے گی تو وہ زیادہ شرح کے ساتھ ہی بھاپ خانے میں سے ہوتی ہوئی انجن کے سلنڈر میں آئے گی اور انجن معمول سے زیادہ تیز چلنے لگ جائے گا۔ اس کے برعکس اگر بوائلر میں بھاپ کم شرح سے بنے گی تو وہ اسی کم شرح سے انجن میں داخل ہو گی اور انجن کے چلنے کی رفتار کو مدھم کر دے گی۔ واٹ نے اس نقص کو دور کرنے کے لیے اپنے انجن میں ایک خاص پرزے کا اضافہ کیا اور اس کا نام گورنر (Governor) رکھا۔ اس گورنر کی خوبی یہ تھی کہ جب بوائلر میں بھاپ زیادہ شرح سے بنتی اور اس کے باعث انجن کے تیز چلنے کی صورت پیدا ہوتی تو یہ گورنر بوائلر سے بھاپ خانے تک آنے والی گزرگاہ کو تنگ کر دیتا جس سے بھاپ خانے میں آنے والی بھاپ کی مقدار کم ہو جاتی اور انجن کے چلنے کی رفتار گھٹ کر معمول پر آ جاتی۔ اس کے برعکس جب بوائلر میں بھاپ نسبتاً

کم شرح سے بنتی اور اس کے باعث انجن مدھم چلنے لگتا تو گورنر بھاپ خانے میں آنے والی گزر گاہ کو زیادہ کھول دیتا ۔ اس پر سلنڈر میں داخل ہونے والی بھاپ کی مقدار زیادہ ہو جاتی اور انجن کی رفتار بڑھ کر معمول پر آ جاتی ۔ گورنر کی ساخت اور اس کے عمل کی تفصیل حسب ذیل ہے :



S ایک دھرا ہے جو ایک گراری کے ذریعے انجن کے شیفٹ (Shaft) کے ساتھ ملحق ہے ۔ چنانچہ جب انجن تیز چلتا ہے تو اس دھرے کی رفتار بھی تیز ہونے لگتی ہے اور جب انجن کی رفتار کم ہو جاتی ہے تو یہ دھرا بھی مدھم مدھم گھومنے لگتا ہے ۔ اس دھرے کے کے ساتھ دو بھاری گولے A اور B دو سلاخوں کے ساتھ P کے مقام پر لگے ہیں ۔ چنانچہ جب دھرا گھومتا ہے تو یہ دونوں گولے مرکز گریز قوت (Centrifugal force) کے ماتحت اوپر کو اٹھ جاتے ہیں اور ایسا کرتے ہوئے کالر C کو ، جو دھرے S پر آسانی سے اوپر نیچے پھسل سکتا ہے ، کھینچ کر نیچا کر دیتے ہیں ۔ یہ کالر C ایک لیور L کے ایک سرے کے ساتھ بندھا ہے جس کا نصاب (Fulcrum) F پر ہے ۔ لیور کے C سرے کے نیچا ہونے کے باعث اس لیور کا D سرا اوپر اٹھ جاتا ہے اور ایک خاص والو V کے ڈھکنے کو ، جو اس کے ساتھ ملحق ہوتا ہے ، تھوڑا سا بند کر کے اس والو کو تنگ کر دیتا ہے ۔ یہ والو بوائلر اور بھاپ خانے کو ملانے والی نلی کے اندر لگا ہوتا ہے اور اس کے تنگ ہو جانے سے بوائلر سے آنے والی بھاپ کی مقدار کم ہو جاتی ہے ۔ اس کا اثر انجن کی رفتار پر پڑتا ہے جو اس صورت میں گھٹ کر اپنے معمول پر آ جاتی ہے ۔ اس کے برعکس جب انجن کی رفتار کم ہو جاتی ہے تو گورنر کا دھرا بھی نسبتاً کم رفتار سے گھومتا ہے

جس پر اس کے ساتھ لگے ہوئے گولے قدرے نیچے ہو جاتے ہیں اور کالر C کو دھرے پر ذرا اونچا کر دیتے ہیں - اس پر لیور کا دوسرا سرا D نیچا ہو جاتا ہے اور والو V کے ڈھکنے کو زیادہ کھول کر والو کو فراخ کر دیتا ہے - اس پر بھاپ نسبتاً زیادہ مقدار میں بھاپ خانے کے اندر جانے لگتی ہے جس کے باعث انجن کی رفتار بڑھ کر معمول پر آ جاتی ہے - اس تشریح سے ظاہر ہے کہ بھاپ کے انجن کے ساتھ لگا ہوا گورنر اس کی رفتار کو ہر حالت میں یکساں رکھتا ہے - یہی اس کا خاص فائدہ ہے -

بھاپ کے ایک مکمل انجن کی تصویر نیچے دی گئی ہے -



بھاپ کے انجن کی کارکردگی - بھاپ کا انجن بھاپ کے زور سے چلتا ہے - بھاپ پانی کے ابلنے سے بنتی ہے اور پانی حرارت سے ابلتا ہے جو ایندھن (Fuel) کے جلانے سے پیدا ہوتی ہے - اگر ایندھن کی حرارت زا

قیمت (Calorific value) کو ایندھن کی اس مقدار سے، جو ایک خاص وقت میں ھوتی ھے ، ضرب دی جائے تو اس سے کل حرارت H (کلوریوں میں) حاصل ھو جاتی ھے جو اس وقت پیدا ھوتی ھے - اب اگر اس وقت میں انجن W کام سر انجام دیتا ھے تو اس کام اور اس حرارت کی باھمی نسبت اس **انجن کی کارکردگی** (Efficiency) کو ظاھر کرتی ھے - البتہ اس نسبت کو قائم کرنے کے لیے ضروری ھے کہ حرارت H کو کلوریوں سے کام یا توانائی کی اکائی (ارگ) میں تبدیل کر دیا جائے اور اس طرح اُسے خرچ کردہ توانائی بنا لیا جائے جب کہ W کو بھی ارگ میں ظاھر کیا جائے اور اس سے حاصل کردہ کام مراد لیا جائے - حرارت H کلوریوں کو ارگ میں تبدیل کرنے کے لیے اس کو J کے ساتھ ضرب دینے کی ضرورت ھوتی ھے - اس لحاظ سے اگر انجن کی کارکردگی (Efficiency) η ھو تو

$$\because \quad \text{کارکردگی} = \frac{\text{حاصل کردہ کام}}{\text{خرچ کردہ کل توانائی}}$$

$$\therefore \quad \eta = \frac{W}{JH}$$

اگر خرچ کردہ توانائی کو H کلوریوں کی بجائے Q ارگ میں ظاھر کیا جائے تو

$$\eta = \frac{W}{Q}$$

بھاپ کے انجن کی کارکردگی (Efficiency) η ان معنوں میں بہت کم ھوتی ھے - واٹ کے زمانے میں تو وہ صرف 5% ھوا کرتی تھی - اب بھی اس انجن میں بہت سی جدید اصلاحیں کرنے کے باوجود یہ کارکردگی قریباً 17% ھوتی ھے - اس کا مطلب یہ ھے کہ بھاپ کے انجن میں ایندھن کے جلنے سے جتنی حرارت پیدا ھوتی ھے اس کا صرف 17 فیصد حصہ مفید کام میں تبدیل ھوتا ھے - باقی ساری حرارت کام کے اعتبار سے رائیگاں جاتی ھے -

نوٹ - حرارتی انجنوں کی کارکردگی کے متعلق اگلے باب میں بتایا جائےگا کہ اگر ایک حرارتی انجن کامل اور مثالی قسم کا ہو اور اس میں حرارت کسی طرح بھی ضائع نہ ہو تو اس کی کارکردگی $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ ہوتی ہے ، جب اس کے اندر کارکن شے (Working substance) کا پہلا ٹمپریچر T_1 اور دوسرا ٹمپریچر T_2 (مطلق پیمانوں میں) ہو - بھاپ کے انجن میں یہ کارکن شے بھاپ ہوتی ہے - اب فرض کیجیے کہ بھاپ کے ایک مثالی (Ideal) انجن میں زندہ بھاپ (Live steam) کا ٹمپریچر 200°C اور مردہ بھاپ (Dead steam) کا ٹمپریچر 100°C ہے - تب

$$T_1 = 200^\circ C = 200 + 273 = 473^\circ A$$

$$T_2 = 100^\circ C = 100 + 273 = 373^\circ A$$

اس لیے اگر ایسے مثالی انجن کی کارکردگی η ہو تو

$$\eta = \frac{473 - 373}{473} = \frac{100}{473} = 21\%$$

حقیقت یہ ہے کہ بھاپ کے ایک حقیقی انجن میں ایسے مثالی حالات پیش نہیں آتے جن میں حرارت ضائع نہ ہو ، اس لیے اس کی کارکردگی کبھی ایک خاص قیمت سے اوپر نہیں بڑھتی - البتہ اوپر کے کلیے سے اتنی بات ضرور ثابت ہو جاتی ہے کہ جب T_1 زیادہ اور T_2 کم ہو تو اس سے انجن کی کارکردگی بڑھ جاتی ہے - اس وجہ سے بھاپ کے انجن میں جو بھاپ بوائلر میں بنتی ہے اس کا ٹمپریچر عام بھاپ کے ٹمپریچر سے بہت زیادہ رکھا جاتا ہے اور اس وجہ سے اس بھاپ کو بالا گرم شدہ بھاپ (Super heated steam) کہتے ہیں - اس طرح T_1 کی قیمت بڑھ جاتی ہے - دوسری طرف جو بھاپ کام کر چکنے کے بعد ناکارہ یا مردہ (Dead) ہو جاتی ہے ، اس کا ٹمپریچر کم سے کم کرنے کی کوشش کی جاتی ہے اور انجن میں مکثفہ یعنی کنڈنسر (Condenser) کا استعمال بھی اسی مقصد کے لیے کیا جاتا ہے - اس طرح T_2 کی قیمت کم ہو جاتی ہے اور یہ دونوں امور یعنی T_1 کا اونچا ہونا اور T_2 کا نیچا ہونا بھاپ کے

انجن کی کارکردگی کو بڑھا دیتے ہیں ، مگر اس کے ساتھ ہی یہ بھی یاد رکھنا چاہیے کہ بھاپ کے اصلی انجن میں حرارت کئی طریقوں سے لازمی طور پر ضائع ہوتی رہتی ہے جس کو روکا نہیں جا سکتا - اس لیے اس کی کارکردگی $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ سے عملی طور پر ہمیشہ کم ہوتی ہے -

بھاپ کے انجن کا جہاز میں استعمال - بھاپ کے انجن کی ایجاد سے پہلے سمندروں میں تمام جہاز بادبانوں سے چلتے تھے جنھیں ہوائیں اپنے زور میں سطح سمندر پر اپنے رخ کے ساتھ ساتھ لیے جاتی تھیں - ان بادبانی جہازوں میں دیگر خامیوں کے علاوہ سب سے بڑا عیب یہ تھا کہ جہاز کو جس سمت جانا ہوتا تھا ، اگر ہوا اس کے مخالف سمت میں چل رہی ہوتی تو جہاز کو طویل عرصے تک سمندر میں باد موافق کے انتظار میں ٹھہرے رہنا پڑتا - اس عیب کے باعث بادبانی جہاز سے سمندر کا سفر بڑا صبر آزما ہوتا تھا - واٹ نے جب اپنا بھاپ کا انجن مکمل کر لیا تو بعض موجدوں کی توجہ اس جانب منعطف ہوگئی کہ بھاپ کے اس انجن میں مناسب تبدیلیاں کرکے اس سے جہاز کو چلانے کا کام لیا جائے- چنانچہ واٹ کی زندگی ہی میں ایک سائنس دان رابرٹ فلٹن (Robert Fulton) نے بھاپ کے انجن کو بحری جہاز میں لگا کر جہاز کے چلانے کا کام لیا - اس سے پہلے تمام جہاز بادبانوں کے ذریعے ہوا کے زور سے چلتے تھے ، مگر اس کے بعد بھاپ سے چلنے والے بحری جہاز وجود میں آ گئے اور جہاز رانی میں ایک عظیم انقلاب آ گیا - رابرٹ فلٹن امریکہ کا رہنے والا تھا- اس نے 1803ء میں ، جب وہ فرانس میں مقیم تھا ، ایک دخانی کشتی بنائی جو بھاپ کے انجن سے چلتی تھی اور امریکہ میں واپس پہنچ کر 1807ء میں بھاپ سے چلنے والا پہلا جہاز بنایا جس کا فرانسیسی نام اس نے کارماں (Clermont) رکھا -

اب خشکی پر بھاپ کے انجن سے گاڑیوں کو کھینچنے کی باری تھی ، جسے ہم ریل گاڑی کہتے ہیں - ریل کے انجن کا پہلا موجد انگلستان کا ایک سائنس دان رچرڈ ٹریوی تھک (Richard Trevithick)

ٹھا جس نے 1804ء میں 9 میل لمبی ریل کی پٹڑی بچھائی اور اس پر اپنے انجن کے ذریعے پانچ چھکڑوں کی پہلی ریل گاڑی کو چلایا - اس ریل گاڑی میں 70 مسافر سوار تھے اور وہ 5 میل فی گھنٹہ کی رفتار سے چلتی تھی - ٹریوی تھک (Trevithick) کی اس کامیابی کے باوجود اس کی اس عظیم قابل ایجاد کو توجہ کے قابل نہ سمجھا گیا اور اس نے اپنی آخری عمر مفلسی کی حالت میں گزاری ، مگر اس کی وفات سے چار سال پہلے 1829ء میں انگلستان ھی کے ایک سائنس دان جارج سٹیفن سن (George Stephenson) نے اپنے مشہور ریلوے انجن کو جس کا نام آس نے راکٹ رکھا تھا ، کامیابی کے ساتھ لورپول اور مانچسٹر کے درمیان ریل گاڑی چلانے میں استعمال کیا اور ریل جیسی مفید ایجاد بنی نوع انسان کی خدمت کے لیے عام ہوگئی -

بیرونی احتراق انجن اور اندرونی احتراق انجن - بھاپ کے انجن میں بھاپ ایک بوائلر میں پانی کو جوش دے کر بنائی جاتی ہے اور پانی کو جوش دینے کے لیے ایندھن جلا کر بوائلر کو حرارت پہنچائی جاتی ھے - اس کے بعد اس بھاپ کو اصلی انجن کے سلنڈر میں لے جایا جاتا ھے اور اس سے کام لیا جاتا ھے - اس تفصیل سے ظاہر ھے کہ بھاپ کے انجن میں ایندھن کے جلنے کا عمل اصل سلنڈر سے باھر ھوتا ھے - اس وجہ سے ایسے انجن کو **بیرونی احتراق انجن** (External combustion engine) کہتے ھیں - احتراق کے معنی جلنے (Combustion) کے ھیں -

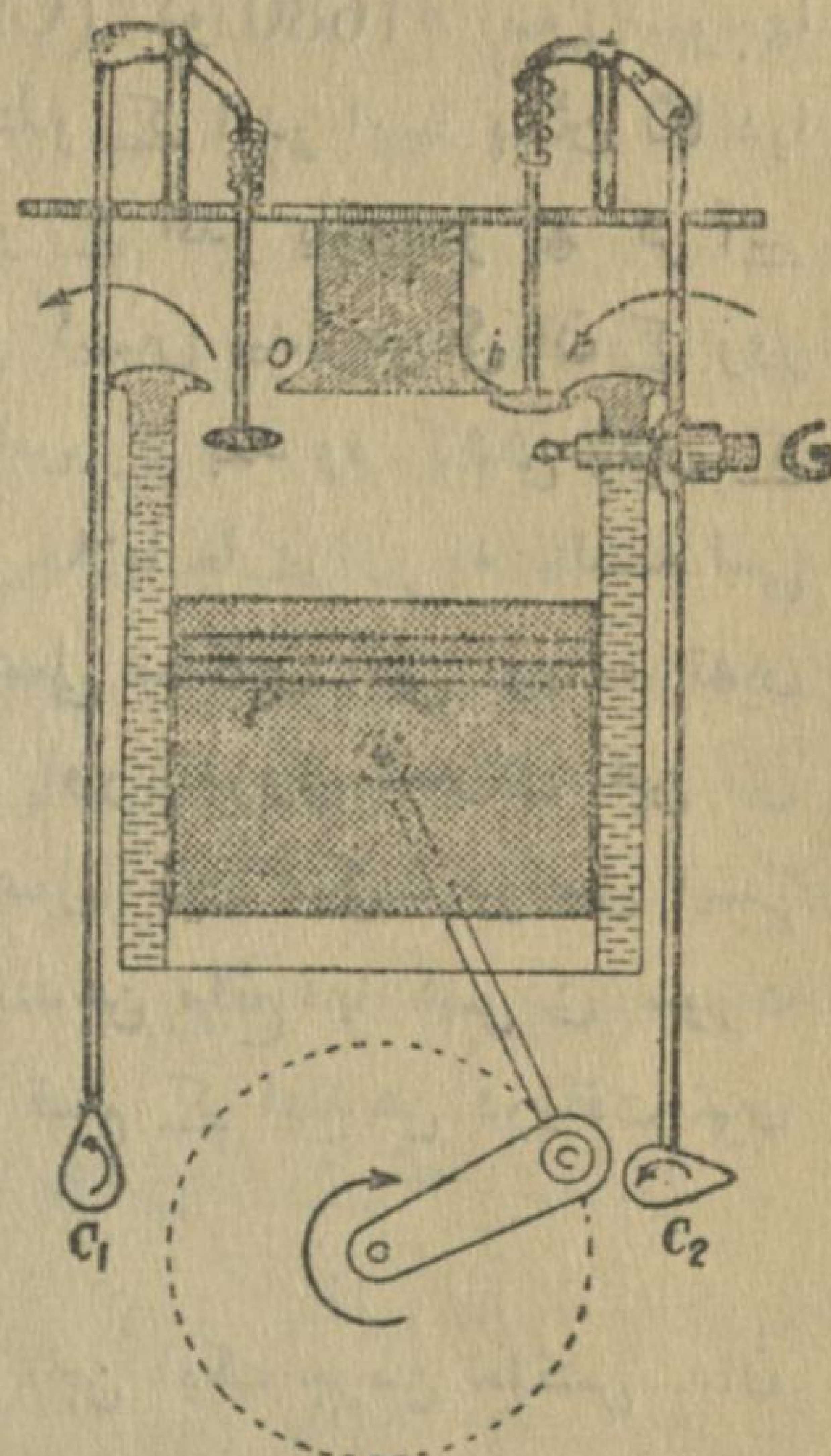
اس کے برعکس پیٹرول کے انجن میں پیٹرول خود انجن کے سلنڈر کے اندر ھی جلتا ھے اور اسی طرح ڈیزل انجن میں بھی ڈیزل آئل کے جلنے کا عمل سلنڈر کے اندر ھوتا ھے - اس وجہ سے پیٹرول انجن اور ڈیزل انجن **اندرونی احتراق انجن** (Internal combustion engines) کہلاتے ھیں -

اندرونی احتراق انجن کا خیال سب سے پہلے ھالینڈ کے سائنس دان

کرسچئین ھائی گن (Christian Huyghen) کو 1680ء میں سوجھا تھا ۔ اس کا منصوبہ یہ تھا کہ ایک سلنڈر کے اندر ایسا پسٹن لگا دیا جائے جو اوپر نیچے حرکت کرے ۔ سلنڈر کے اندر بارود رکھ کر اسے آگ دکھائی جائے ۔ بارود کے جلنے سے جو گیسیں پیدا ھونگی ان کے زور سے پسٹن بڑی قوت سے اوپر اٹھے گا ۔ اس کے بعد وہ کشش زمین کے ماتحت نیچے آجائے گا ۔ پھر دوبارہ تازہ بارود جلایا جائے اور یہ سلسلہ اسی طور قائم رکھا جائے ۔ اس منصوبے میں عملی مشکلیں اتنی زیادہ تھیں کہ اس کو عملی جامہ پہنایا نہ جا سکا اور اندرونی احتراق انجن کی ایجاد اس کے قریباً ایک صدی بعد ھی عمل میں آسکی ۔ دراصل ایسے انجن کے لیے ضروری تھا کہ اس کا ایندھن مائع یا گیس کی صورت میں ھو ، لیکن ھائی گن کے زمانے میں اس قسم کے ایندھن دریافت نہیں ھوئے تھے ۔

پیٹرول سے چلنے والا اندرونی احتراق انجن ایک جرمن سائنس دان اوٹو نے 1878ء میں بنایا ، اس لیے اس کو اوٹو انجن (Otto engine) کہتے ھیں مگر عرف عام میں یہ پیٹرول انجن (Petrol engine) کہلاتا ھے ۔ موٹر کاروں میں آج کل اسی انجن کا استعمال ھوتا ھے ۔

پیٹرول انجن (Petrol engine) ۔ پیٹرول انجن ایک سلنڈر پر مشتمل ھوتا ھے جس کے اندر پسٹن (Piston) آگے پیچھے حرکت کرتا ھے ۔ سلنڈر میں دو والو (Valves) لگے ھوتے ھیں ، جن میں ایک والو اندر کو کھلتا ھے اور اندرونی والو (Inlet valve) کہلاتا ھے اور دوسرا والو باھر کو کھلتا ھے جسے بیرونی والو (Outlet valve) کہتے ھیں ۔ ان دونوں والووں کو اپنے اپنے وقت پر کھولنے اور بند کرنے کا خود کار انتظام کیا ھوتا ھے ۔ اس کی صورت یہ ھے کہ ھر والو ایک سپرنگ اور ایک لیور کے ذریعے ایک نارنجی کی شکل کے پرزے کے ساتھ جو کیم (Cam) کہلاتا ھے ، ملا ھوتا ھے ۔ یہ کیم ایک گراری کے ذریعے انجن کے شیفٹ

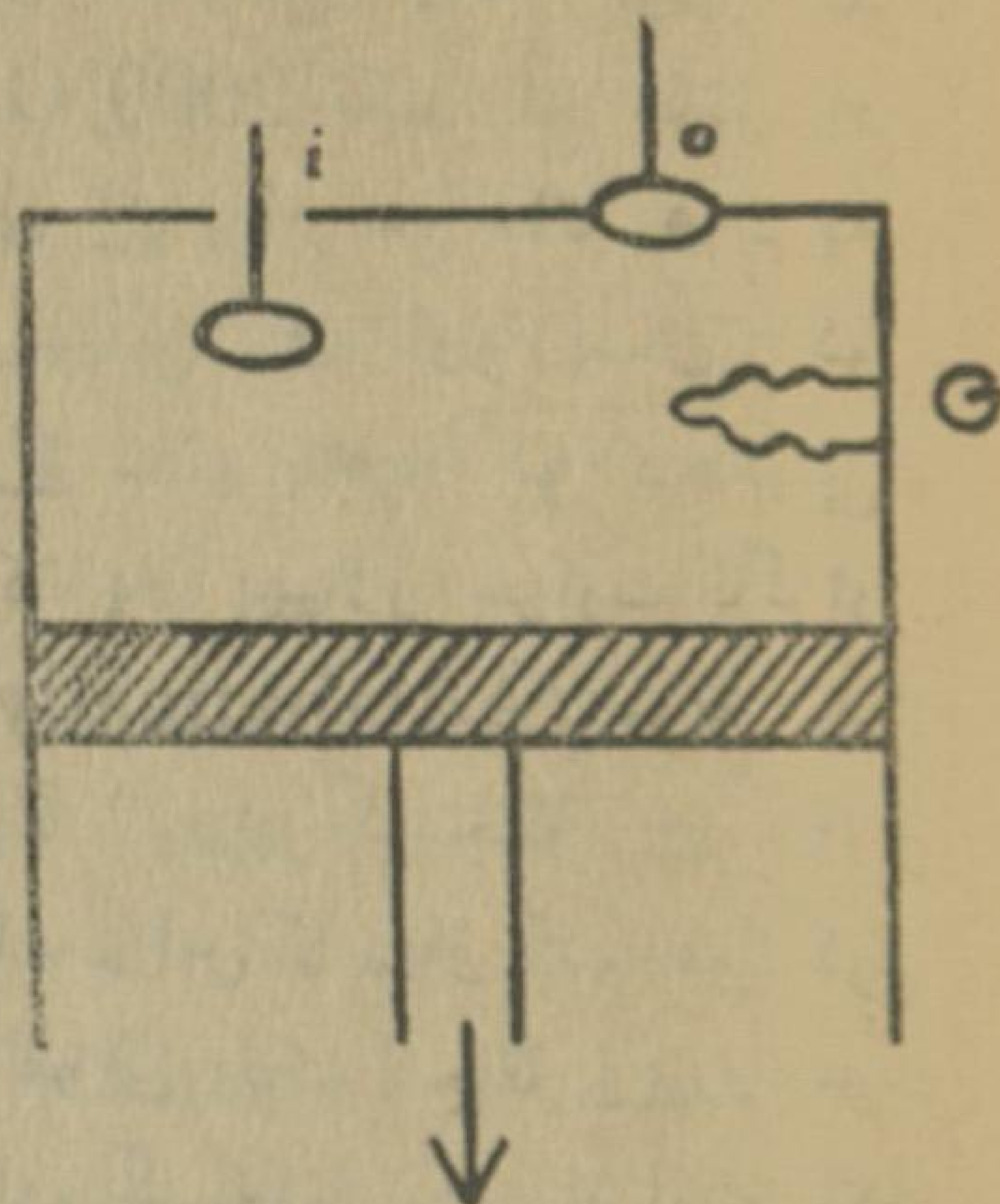


(Shaft) سے ملحق ہوتا ہے اور اس کے گردش کرنے پر آوپر نیچے گھومتا ہے - چنانچہ جب اس کا نوک دار حصہ آوپر کو ہوتا ہے تو یہ لیور اور سپرنگ کے عمل سے والو کو نیچے کرکے اسے کھول دیتا ہے - چنانچہ شکل میں بائیں طرف کے کیم (Cam) C_1 نے والو O کو کھول رکھا ہے - اسی طرح جب اس کا نوک دار حصہ زمین کے متوازی ہو جاتا ہے تو لیور اور سپرنگ کے عمل سے یہ والو کو بند کر دیتا ہے ، جیسا کہ شکل میں دائیں طرف کے کیم (Cam) C_2 نے والو i کو بند کر رکھا ہے - اسی شکل میں سلنڈر کے اندر پسٹن P دکھائی دے رہا ہے جو حسب ضرورت آوپر نیچے حرکت کرتا ہے - سلنڈر کے اندر آوپر کے حصے کے قریب ایک چنگاری پیدا کرنے والا پلگ (Sparking plug) بھی موجود ہوتا ہے - اس کا سلسلہ ایک بیٹری کے ساتھ ملا رہتا ہے جس کے عمل سے یہ ضرورت کے وقت چنگاری پیدا کرکے اندر کے پیٹرول کو مشتعل کرتا ہے - اس انجن کے ساتھ ایک علیحدہ خانہ بھی ہوتا ہے جس کو کاربوریٹر (Carbu-retter) کہتے ہیں - پیٹرول کی ٹانچی سے پیٹرول پہلے اس کاربوریٹر میں آتا ہے اور وہاں وہ پیٹرول کے بخارات میں تبدیل ہوتا ہے - علاوہ ازیں وہاں کرہ ہوائی سے ہوا بھی آتی ہے اور اس طرح پیٹرول کے بخارات اور ہوا کا آمیزہ بن جاتا ہے - یہی آمیزہ انجن کے سلنڈر میں داخل کیا جاتا ہے - اصل انجن کا کام چار جھٹکوں میں پورا ہوتا ہے اور اس لیے اس کو چار جھٹکا پیٹرول انجن (Four stroke petrol engine) کہتے ہیں -

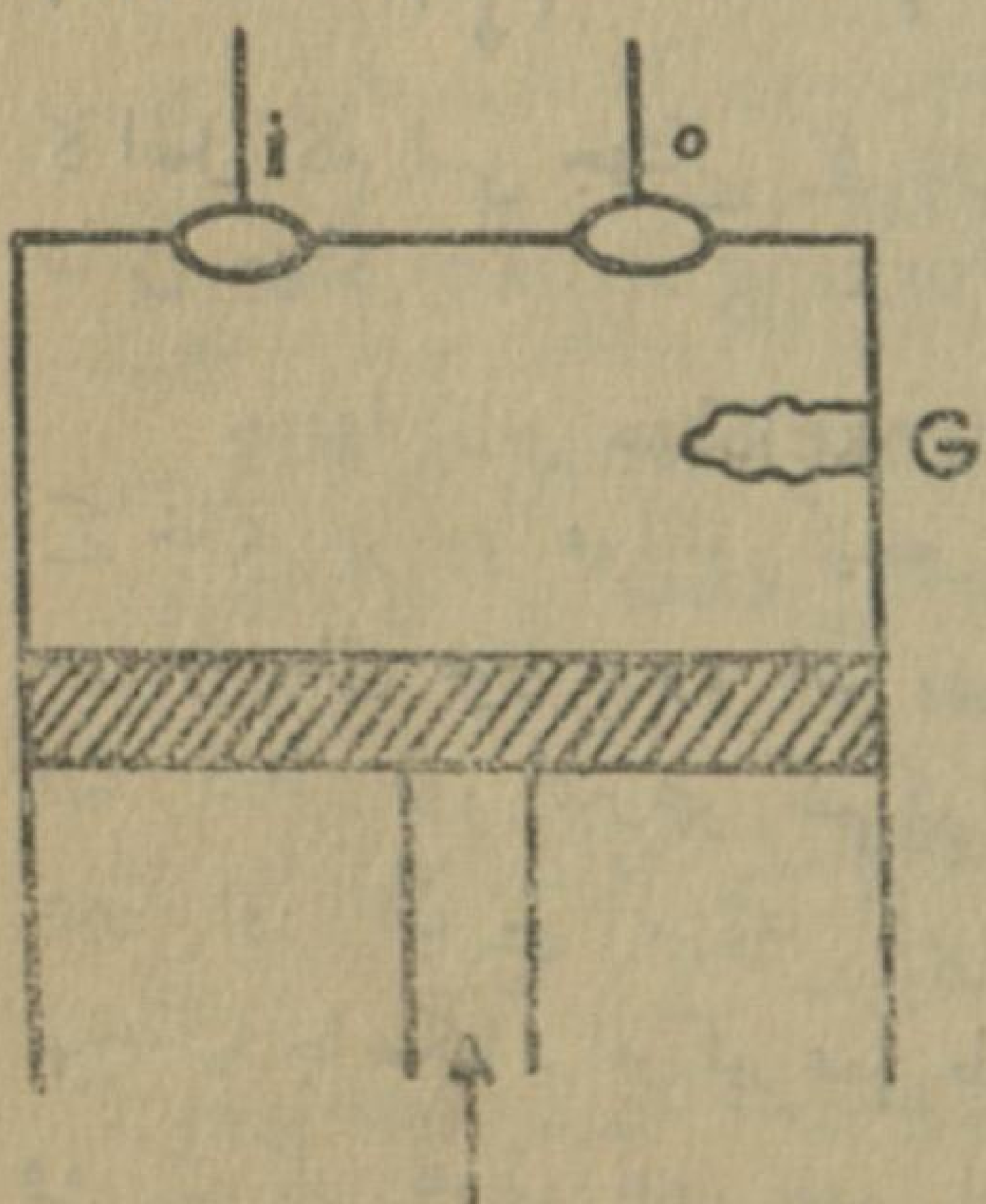
انجن کو چلانے کے لیے کرینک شیفٹ (Crank shaft) کو

ابتدا میں خود کھانا پڑتا ہے جس پر مندرجہ ذیل عمل ہوتے ہیں -

پہلا کھنچاؤ جھٹکا (First suction stroke) - اس جھٹکے میں پسٹن باہر کی طرف کو آتا ہے - اس دوران میں اندرونی والو i کھلا ہوا اور بیرونی والو O بند ہوتا ہے - چونکہ اندرونی والو کا سلسلہ کاربوریٹر (Carburetter) کے ساتھ ملحق ہوتا ہے اس لیے پسٹن کے اندر کی طرف آنے پر کاربوریٹر سے پیٹرول کے بخارات اور ہوا کا آمیزہ سلنڈر کے اندر کھنچا آتا ہے - اس لحاظ سے اس جھٹکے کو **کھنچاؤ جھٹکا** (Suction stroke) کہتے ہیں -

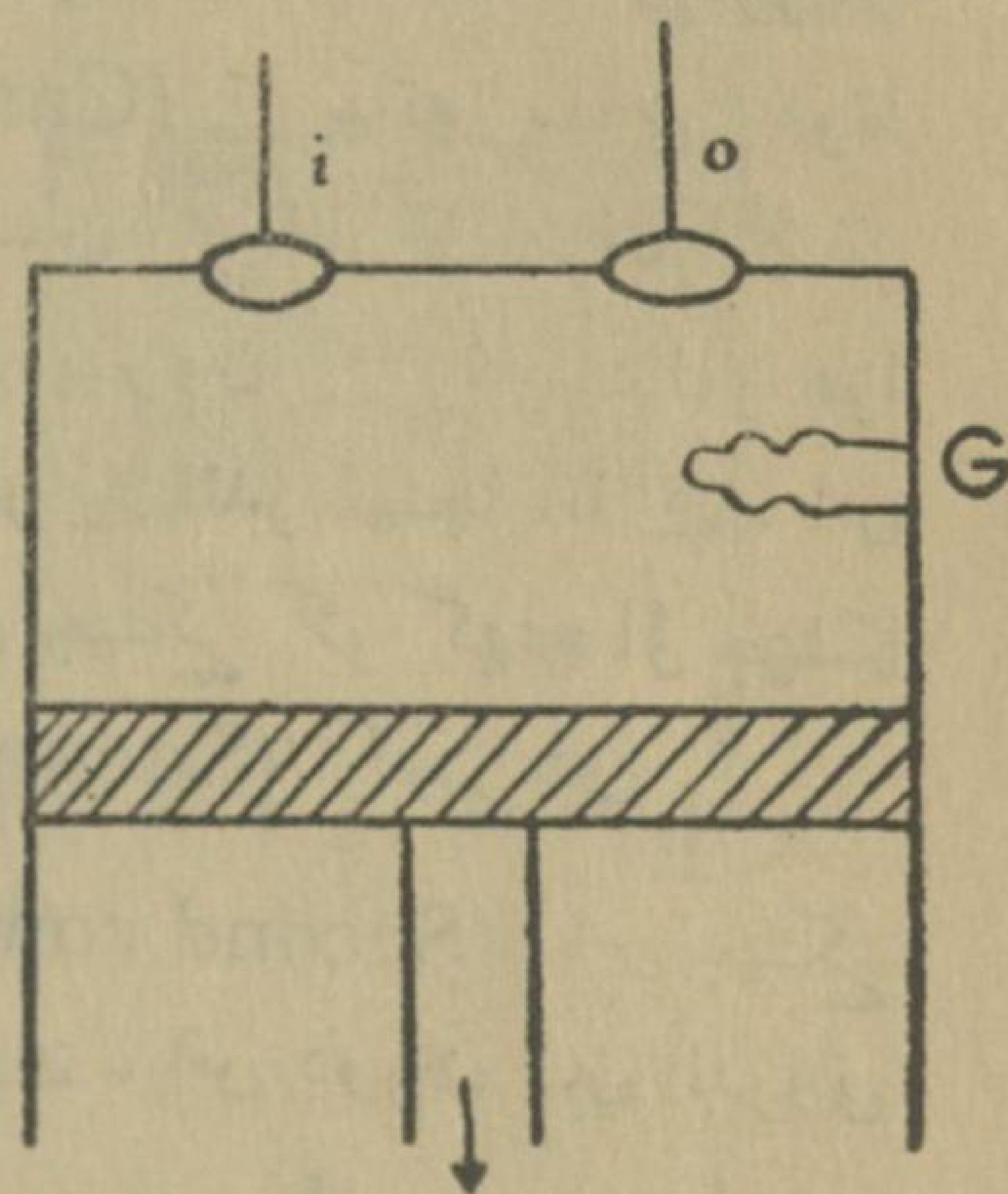


دوسرا دباؤ جھٹکا (Second compression stroke) - اس جھٹکے میں پسٹن (Piston) اندر کی طرف کو جاتا ہے - اس دوران میں اندرونی والو i اور بیرونی والو O دونوں بند رہتے ہیں ، جس کی وجہ سے پیٹرول کے بخارات اور ہوا کے آمیزے پر جو سلنڈر کے اندر محصور ہوتا ہے ، دباؤ پڑتا جاتا ہے - جب پسٹن اپنی آخری حد تک جہاں تک اسے جانا ہوتا ہے ، اندر چلا جاتا ہے تو پیٹرول کے بخارات اور ہوا کے اس آمیزے کا حجم پہلے حجم کا قریباً $\frac{1}{5}$ ہو جاتا ہے اور اس کا ٹمپریچر 600°C تک پہنچ جاتا ہے - اس کا دباؤ بھی قریباً 5 کرہ ہوائی (Atmospheres) کے برابر ہوتا ہے -

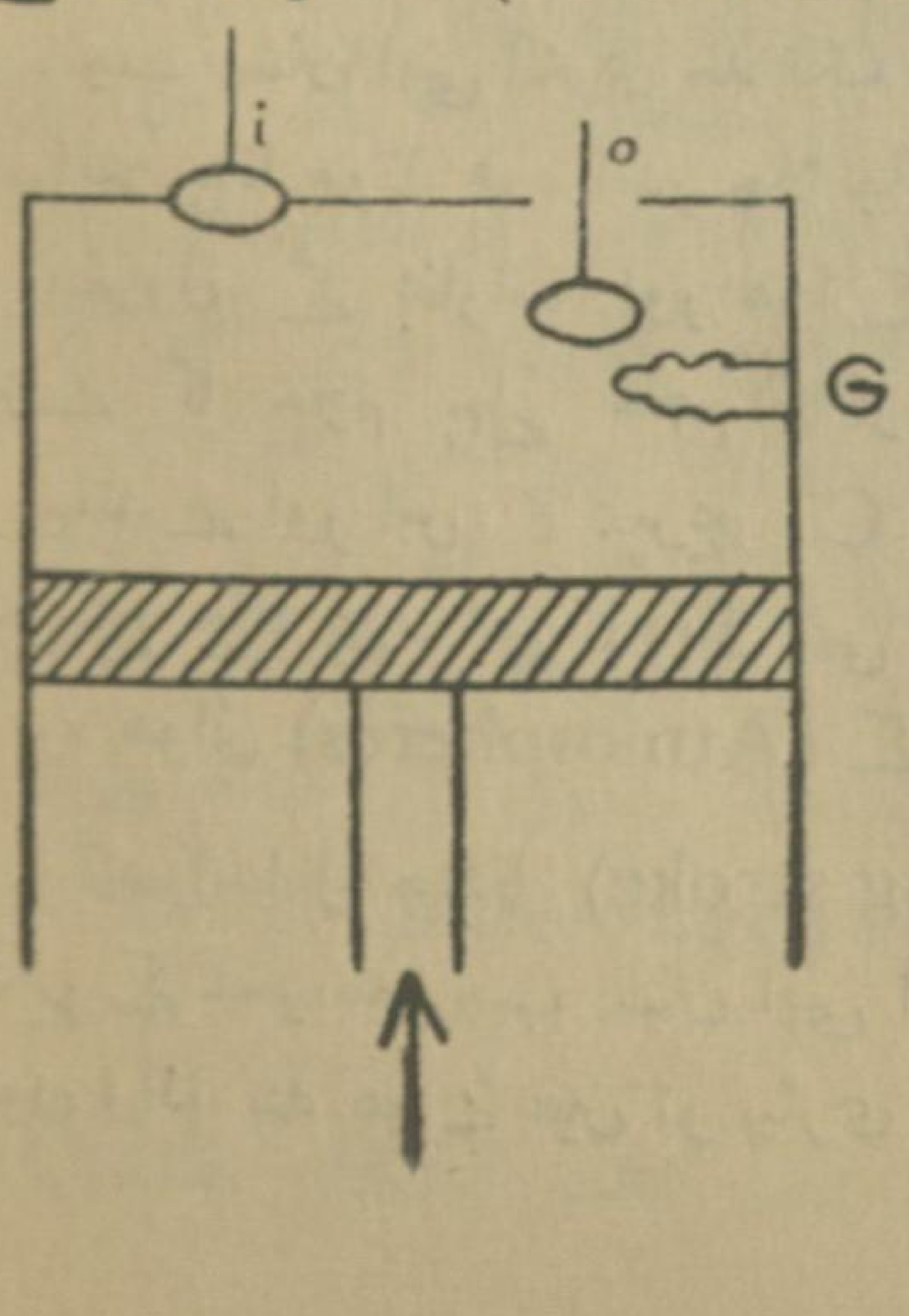


تیسرا عامل جھٹکا (Third working stroke) - دوسرے دباؤ جھٹکے کے آخر میں جب پسٹن اپنی آخری حد کو پہنچا ہوتا ہے اور دونوں والو بند ہوتے ہیں تو بیٹری کے ذریعے پلگ G میں چنگاری پیدا

کی جاتی ہے ۔ یہ چنگاری پیٹرول کے بخارات کو مشتعل کر دیتی ہے جس سے وہ ایک دھماکے کے ساتھ جل اٹھتے ہیں اور گیسوں میں منتقل ہو جاتے ہیں ۔ ان کے جلنے سے حرارت کثیر مقدار میں پیدا ہوتی ہے جس سے ہوا اور گیسوں کا ٹمپریچر بڑھ کر 2000°C تک پہنچ جاتا ہے اور فوری طور پر ان کا دباؤ 15 کرہ ہوائی کے برابر ہو جاتا ہے ۔ یہ ہوا (گیسوں کے ہمراہ) اب بڑے زور سے پھیلتی ہے اور پسٹن کو پوری قوت کے ساتھ باہر کو دھکیلتی ہے ۔ ہوا کا یہ پھیلاؤ حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) ہوتا ہے جس سے اس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے اور پھیلنے کے باعث اس کا دباؤ کم ہو کر ایک کرہ ہوائی تک آ جاتا ہے ۔ اس طرح ہوا (اور گیسوں) کی حرارت کا کچھ حصہ پسٹن کو دھکیلنے کے کام میں صرف ہو جاتا ہے اور کرینک شیفٹ کو توانائی ملتی ہے ۔ گویا انجن کا اصل کام اسی جھٹکے کے دوران میں ہوتا ہے اور اس وجہ سے اس کو عامل جھٹکا (Working stroke) کہتے ہیں ۔



چوتھا نکاس جھٹکا(Fourth exhaust stroke) ۔ تیسرے جھٹکے کے خاتمے پر جو ہوا اور گیسیں سلنڈر میں رہ جاتی ہیں ، وہ اب پھیل کر اپنا دباؤ اور ٹمپریچر کم کر چکی ہیں اور ان سے مزید کام حاصل نہیں کیا جا سکتا ۔ اس لیے عملی طور پر وہ بے کار ہوتی ہیں اور ان سے سلنڈر کو خالی کر دینا ضروری ہوتا ہے ۔ اس مقصد کے لیے بیرونی والو O کھل جاتا ہے اور جب پسٹن اندر کو جاتا ہے تو اس کے دباؤ سے

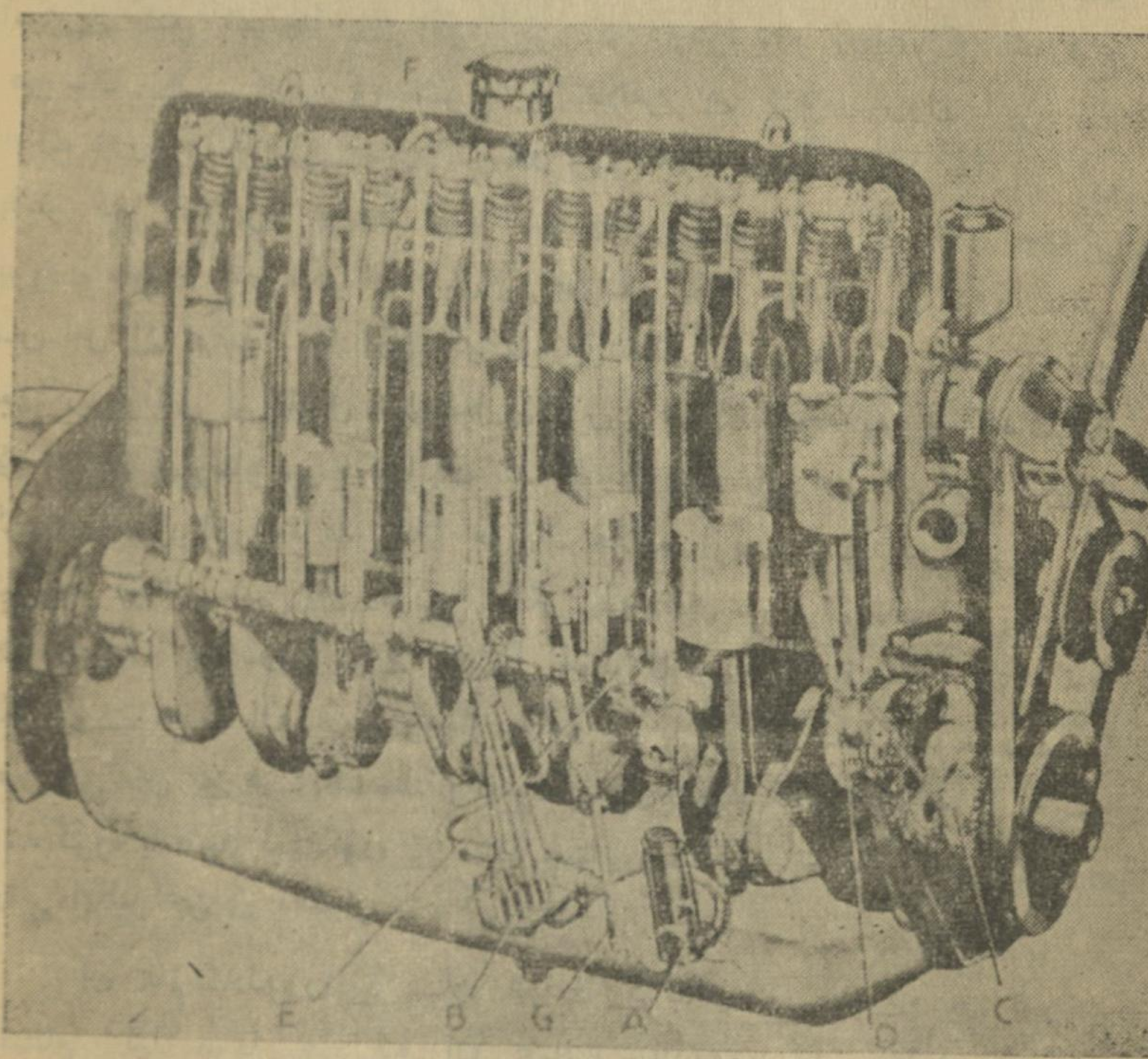


سلنڈر کی ھوا اور گیسیں والو O میں سے نکل کر کرہ ھوائی میں منتشر ھو جاتی ھیں ۔

اس جھٹکے کے خاتمے پر والو O بند ھو جاتی ھے اور والو i کھل جاتی ھے ۔ چنانچہ جب پسٹن واپس باھر کو آتا ھے تو وہ کاربوریٹر (Carburetter) سے دوبارہ پیٹرول کے بخارات اور ھوا کے آمیزے کو کھینچتا ھے اور انجن کا دوسرا دور (Cycle) شروع ھو جاتا ھے ۔ اوپر کی تشریح سے ظاھر ھے کہ پیٹرول انجن کے ایک دور میں اس کے پسٹن کو دو بار اندر کو جانا اور دو بار ھی باھر کو آنا پڑتا ھے ۔ گویا ایک دور میں اس کے چار جھٹکے پورے ھوتے ھیں مگر ان میں سے صرف ایک جھٹکے کے دوران ھی میں اس کے شیفٹ (Shaft) کو توانائی ملتی ھے ۔ اس کے بعد کے تین جھٹکے توانائی سے بالکل خالی جاتے ھیں ۔ اس کا نتیجہ یہ ھے کہ شیفٹ کی گردش کی رفتار میں یکسانیت پیدا ھونے نہیں پاتی اور اس لیے اس کی گردش ھموار اور باقاعدہ نہیں ھوتی ۔ علاوہ ازیں شیفٹ کو گھمانے کے لیے جو توانائی ملتی ھے وہ بھی اکثر صورتوں میں کم ثابت ھوتی ھے ۔ ان خامیوں کو دور کرنے کے لیے موٹر کاروں وغیرہ میں جو انجن لگے ھوتے ھیں ، ان میں چار چار یا چھ چھ یا آٹھ اٹھ سلنڈر موجود ھوتے ھیں جن میں سے ھر ایک سلنڈر اپنے آپ میں ایک مکمل انجن ھوتا ھے جو مذکورہ بالا چار جھٹکوں کے ساتھ چلتا ھے ۔ اگلے صفحہ پر چھ سلنڈروں والے ایک انجن کی تصویر دی گئی ھے ۔

ان تمام سلنڈروں کے پسٹن شیفٹ کے ساتھ ملے ھوتے ھیں اور یہ انتظام کیا ھوتا ھے کہ ان مختلف سلنڈروں کے عامل جھٹکے (Working stroke) یکے بعد دیگرے ھوتے رھیں ۔ اس کا نتیجہ یہ ھوتا ھے کہ ھر جھٹکے کے دوران میں کسی نہ کسی سلنڈر سے شیفٹ کو توانائی ملتی رھتی ھے اور مجموعی طور پر کوئی جھٹکا بھی بغیر توانائی کے نہیں جاتا ۔ اس سے ایک تو شیفٹ کی گردش باقاعدہ ھو جاتی ھے ، مگر اس سے بھی بڑا فائدہ یہ ھوتا ھے کہ شیفٹ کو جو توانائی ایک دور میں ملتی ھے وہ ایک سلنڈر کے مقابلے میں کئی گنا ھوتی ھے ۔

پیٹرول کے انجن میں چونکہ پیٹرول سلنڈر کے اندر جلتا ہے ، اس لیے سلنڈر اور پسٹن کے متعدد دوروں کے بعد ان کا بے حد گرم ہو جانا لازمی ہوتا ہے ۔ اس نقص کو دور کرنے کے لیے سلنڈر کے گرد پانی کا ایک جیکٹ بھرا رہتا ہے ۔ یہ پانی سلنڈر کی کافی حرارت جذب کر لیتا ہے اور اس طرح سلنڈر بے حد زیادہ گرم ہونے نہیں پاتا ۔



پیٹرول انجن کی کارکردگی ۔ اگر پہلے جھٹکے کے خاتمے پر سلنڈر میں ہوا کا حجم مخصوصہ (Specific volume) V_1 ہو اور دوسرے جھٹکے کے خاتمے پر جب ہوا کافی زیادہ دب جاتی ہے اور اس کا حجم کم ہو جاتا ہے ۔ اس ہوا کا حجم مخصوصہ V_2 ہو تو تیسرے جھٹکے میں جو انجن کا اصلی اور عامل جھٹکا ہوتا ہے ، ہوا کا پھیلاؤ V_2 سے V_1 تک حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) ہوتا ہے ۔ اس لیے $\frac{V_1}{V_2}$ اس

حرارت ناگزار پھیلاؤ کی نسبت کو ظاہر کرتا ہے جسے ρ سے ظاہر کیا جا سکتا ہے۔ اگر انجن کی کارکردگی (Efficiency) η ہو تو جیسا کہ اگلے باب میں ثابت کیا جائے گا

$$\eta=1-\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}$$

$$\eta=1-\left(\frac{1}{\rho}\right)^{\gamma-1}$$

جب کہ ہوا کے لیے مستقل دباؤ پر حرارت مخصوصہ اور مستقل حجم پر حرارت مخصوصہ کی نسبت γ ہو۔ چونکہ جس وقت انجن کا عملی جھٹکا شروع ہوتا ہے اس وقت ہوا کا حجم اس کے دبا ہونے کے باعث قریباً $\frac{1}{5}V_1$ ہوتا ہے اور اس عملی جھٹکے کے خاتمے پر اس کا حجم V_1 ہو جاتا ہے، اس لیے ہوا $(\frac{1}{5}V_1)$ یعنی V_2 سے V_1 تک پھیلتی ہے اور اس کے لیے $\frac{V_1}{V_2}$ یا ρ کی قیمت 5 ہوتی ہے۔ علاوہ ازیں ہوا کے لیے γ کی قیمت 1·4 ہے، اس لیے ان قیمتوں کو اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$\eta=1-\left(\frac{1}{5}\right)^{1\cdot4-1}=48\%$$

یہ مثالی حالات کی کارکردگی ہے جس میں ان دیگر امور کو جو انجن کی کارکردگی کو کم کرتے رہتے ہیں، نظر انداز کیا گیا ہے۔ اس لیے عملی طور پر ایک پیٹرول انجن کی کارکردگی اس سے قریباً نصف یعنی 24% یا زیادہ سے زیادہ 30% تک ہوتی ہے۔

اوپر کی تشریح سے ظاہر ہے کہ اگر دوسرے دباؤ جھٹکے کے دوران میں پسٹن کو زیادہ دور تک دبا دیا جائے جس کے باعث اس کے اندر پیٹرول کے بخارات اور ہوا کے آمیزے کا حجم بہت گھٹ جائے اور اس طرح V_2 کی قیمت بہت گر جائے تو اگلے عامل جھٹکے میں $\frac{V_2}{V_1}$ کی نسبت گھٹ جائے گی اور اس وجہ سے انجن کی کارکردگی (Efficiency)

جو $1-\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}$ کے برابر ہے ، زیادہ ہو جائے گی ۔ لیکن اس میں ایک عملی مشکل بھی پیش آ جاتی ہے جس کا لحاظ رکھنا ضروری ہوتا ہے ۔ جب دوسرے دباؤ جھٹکے کے دوران میں پسٹن کو زیادہ دور تک لے جایا جائے تو سلنڈر کے اندر پیٹرول کے بخارات اور ہوا کا دباؤ بہت بڑھ جاتا ہے اور اس کا ٹمپریچر بھی زیادہ ہو جاتا ہے اس سے یہ اندیشہ باقی رہتا ہے کہ کہیں ٹمپریچر کے بڑھ جانے کے باعث وقت سے پہلے ہی پیٹرول کے بخارات مشتعل نہ ہو جائیں ۔ اس اندیشے کے پیش نظر دوسرے دباؤ جھٹکے کے دوران میں V_2 کی قیمت ایک خاص حد سے نیچے نہیں گرائی جاتی جس کے باعث پیٹرول کے انجن کی کارکردگی کی بھی ایک حد قائم ہو جاتی ہے جس کو بڑھایا نہیں جا سکتا ۔

بھاپ کے انجن اور پیٹرول انجن کا مقابلہ

بھاپ کا انجن	پیٹرول انجن
۱ ۔ اس انجن میں کوئلہ (یا بعض اوقات تیل) ایندھن کا کام دیتا ہے اور بھاپ کارکن شے ہوتی ہے ۔	۱ ۔ اس انجن میں پیٹرول کے بخارات ایندھن کا کام دیتے ہیں اور ہوا کارکن شے ہوتی ہے ۔
۲ ۔ اس انجن میں ایندھن کے جلنے کا عمل سلنڈر کے باہر ہوتا ہے ۔	۲ ۔ اس انجن میں ایندھن کے جلنے کا عمل سلنڈر کے اندر ہوتا ہے ۔
۳ ۔ اس انجن میں ایک علیحدہ بوائلر ہوتا ہے جس میں بھاپ تیار کی جاتی ہے ۔	۳ ۔ اس انجن میں کوئی بوائلر نہیں ہوتا ۔
۴ ۔ ایک بہت بڑے بوائلر کی موجودگی کے باعث یہ بہت جگہ گھیرتا ہے اور بہت بھاری ہوتا ہے ۔	۴ ۔ بوائلر کے نہ ہونے کے باعث یہ اتنی جگہ نہیں گھیرتا اور نہ اتنا بھاری ہوتا ہے ۔

بھاپ کا انجن	پیٹرول انجن
٥ - کوئلے کے جلنے کے باعث یہ انجن دھواں دیتا ھے ۔	٥ - یہ انجن دھواں نہیں دیتا ۔
٦ - چونکہ پانی کو آبال کر بھاپ بنانے کے لیے کافی وقت درکار ھوتا ھے ، اس لیے اس انجن کو فوری طور پر چلا دینا ممکن نہیں ھوتا ۔	٦ - اس انجن میں بیٹری سے پیدا ھونے والی چنگاری سلنڈر کے اندر پیٹرول کو فوراً مشتعل کر دیتی ھے اس لیے یہ انجن بہت کم وقت میں چل پڑتا ھے ۔
٧ - اس انجن کو اگر تھوڑے عرصے کے لیے بند کرنا مطلوب ھو تو بھی ایندھن کو جلتے رکھنا ضروری ھوتا ھے ۔	٧ - اس انجن کو اگر تھوڑے عرصے کے لیے بند کرنا مقصود ھو تو ایندھن یعنی پیٹرول کا جلنا بھی بند کر دیا جاتا ھے ۔
٨ - اس میں ناکارہ بھاپ کو ایک مکثفے یعنی کنڈنسر میں خارج کیا جاتا ھے ۔	٨ - اس میں پیٹرول کی جلی ھوئی گیسوں کو کرہ ھوائی ھی میں خارج ھونے دیا جاتا ھے ۔
٩ - اس انجن میں سلنڈر کے اندر کا ٹمپریچر بے حد زیادہ نہیں بڑھتا ، اس لیے اسے باھر سے ٹھنڈا رکھنے کی ضرورت نہیں پڑتی ۔	٩ - اس انجن میں سلنڈر کے اندر کا ٹمپریچر بے حد زیادہ بڑھ جاتا ھے ، اس لیے اس کو باھر سے پانی سے ٹھنڈا کرنے کی ضرورت ھوتی ھے ۔
١٠ - اس انجن کی کاد کردگی نسبتاً کم یعنی 11% سے 17% تک ھوتی ھے ۔	١٠ - اس انجن کی کارکردگی نسبتاً زیادہ یعنی 24% سے 30% تک ھوتی ھے ۔
١١ - اس انجن میں ایندھن کے طور پر استعمال ھونے والا کوئلہ ایک سستی شے ھے ۔	١١ - اس انجن میں ایندھن کے طور پر استعمال ھونے والا پیٹرول نسبتاً مہنگی شے ھے ۔

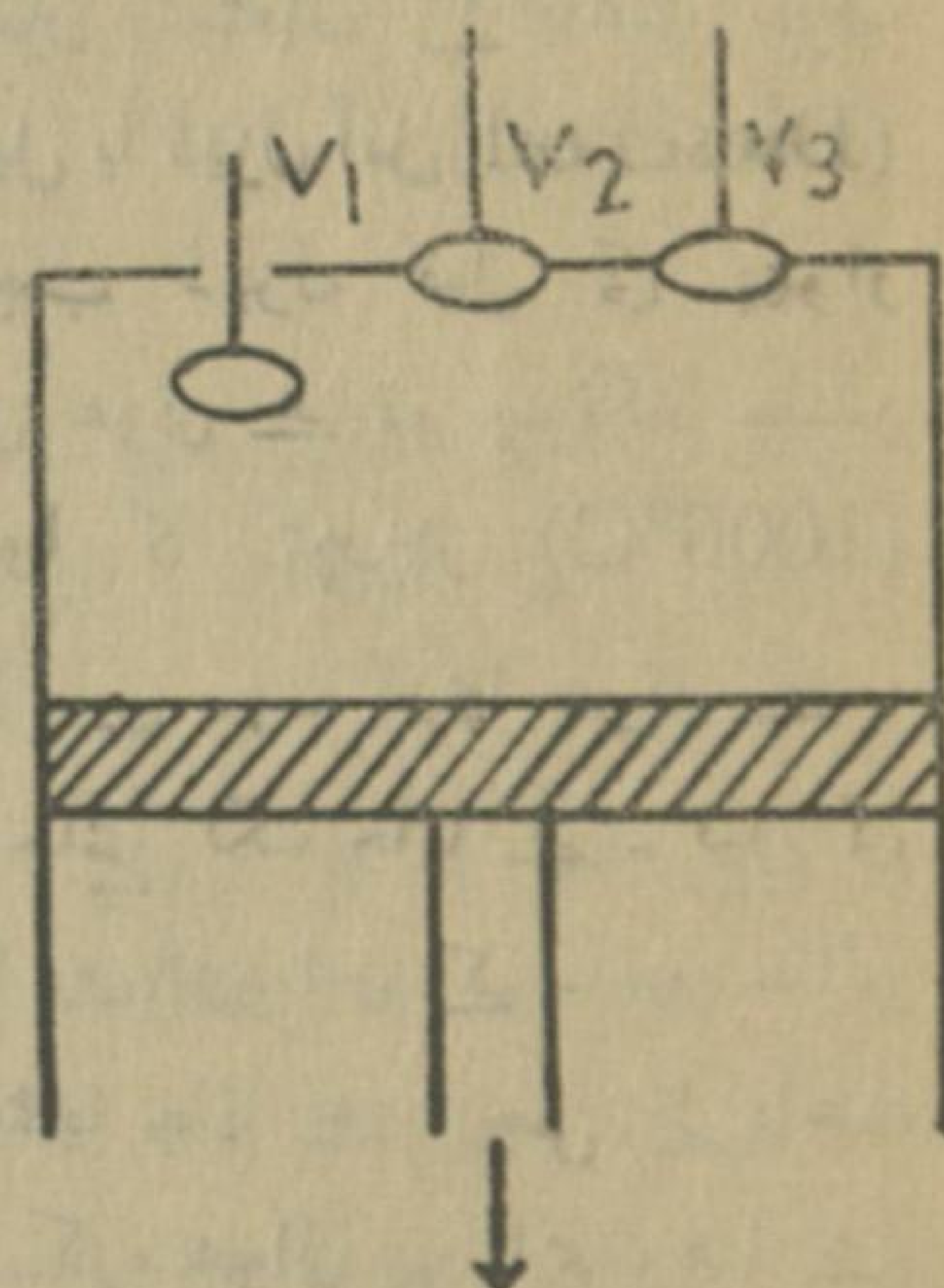
ڈیزل (Diesel) کی ایجاد - جرمنی کے سائنس دان اوٹو (Otto) نے پیٹرول انجن جس کی تفصیل اوپر گزری ہے ، 1878ء میں ایجاد کیا تھا - اس کے چودہ سال بعد جرمنی ہی کے ایک سائنس دان ڈیزل (Diesel) نے ایک علیحدہ قسم کا اندورنی احتراق انجن (Internal combustion engine) بنایا جو اس کے نام پر اب **ڈیزل انجن** کے نام سے مشہور ہے -

ڈیزل نے دیکھا تھا کہ اوٹو (Otto) کے پیٹرول انجن میں دوسرے دباؤ جھٹکے کے دوران میں اگر دباؤ زیادہ ڈالا جائے تو پیٹرول کے بخارات اور ہوا کا حجم V_2 تو بہت گھٹایا جا سکتا ہے اور اس طرح گزشتہ اوراق میں گزری ہوئی تشریح کے مطابق انجن کی کارکردگی بڑھ سکتی ہے ، مگر اس طرح ٹمپریچر کے بہت زیادہ بڑھ جانے سے پیٹرول کے بخارات کو پیش از وقت آگ لگ جانے کا خطرہ بھی رہتا ہے - اس لیے اس نے اپنے انجن میں یہ انتظام کیا کہ پہلے کھنچاؤ جھٹکے (Suction stroke) کے دوران میں سلنڈر کے اندر صرف خالص ہوا کو کھینچا جائے اور اس طرح دوسرے دباؤ جھٹکے (Compression stroke) میں جتنا بھی دباؤ ڈالا جائے وہ محض ہوا پر ہی پڑے جس کے مشتعل ہو جانے کا کچھ خطرہ نہیں ہو سکتا - اوٹو (Otto) کے پیٹرول انجن میں دوسرے دباؤ جھٹکے کے دوران میں جو دباؤ پیٹرول کے بخارات اور ہوا پر پڑتا ہے وہ 5 کرہ ہوائی سے زیادہ نہیں ہوتا اور اس طرح V_2 کی قیمت بھی $\frac{1}{5}V_1$ سے کم نہیں ہوتی - لیکن ڈیزل نے دوسرے دباؤ جھٹکے کے دوران میں خالی ہوا پر جو سلنڈر کے اندر بھری ہوئی تھی بے خطر ہو کر 30 سے 35 کرہ ہوائی کا دباؤ ڈالا جس سے اس کا حجم V_2 گھٹ کر $\frac{1}{17}V_1$ ہو گیا - اس سے $\frac{V_2}{V_1}$ کی نسبت $\frac{1}{17}$ V ہوگئی اور ڈیزل انجن کی کارکردگی پیٹرول انجن سے بڑھ گئی - جب یہ خالی ہوا اتنے بھاری دباؤ کے ماتحت دب چکی اور اس کا ٹمپریچر قریباً 1000°C تک بڑھ چکا تو اس وقت سلنڈر کے اندر ایندھن کو جو ایک خاص قسم کا تیل تھا پھوار کی صورت میں داخل کیا گیا جو اندر کے بڑھے ہوئے ٹمپریچر سے

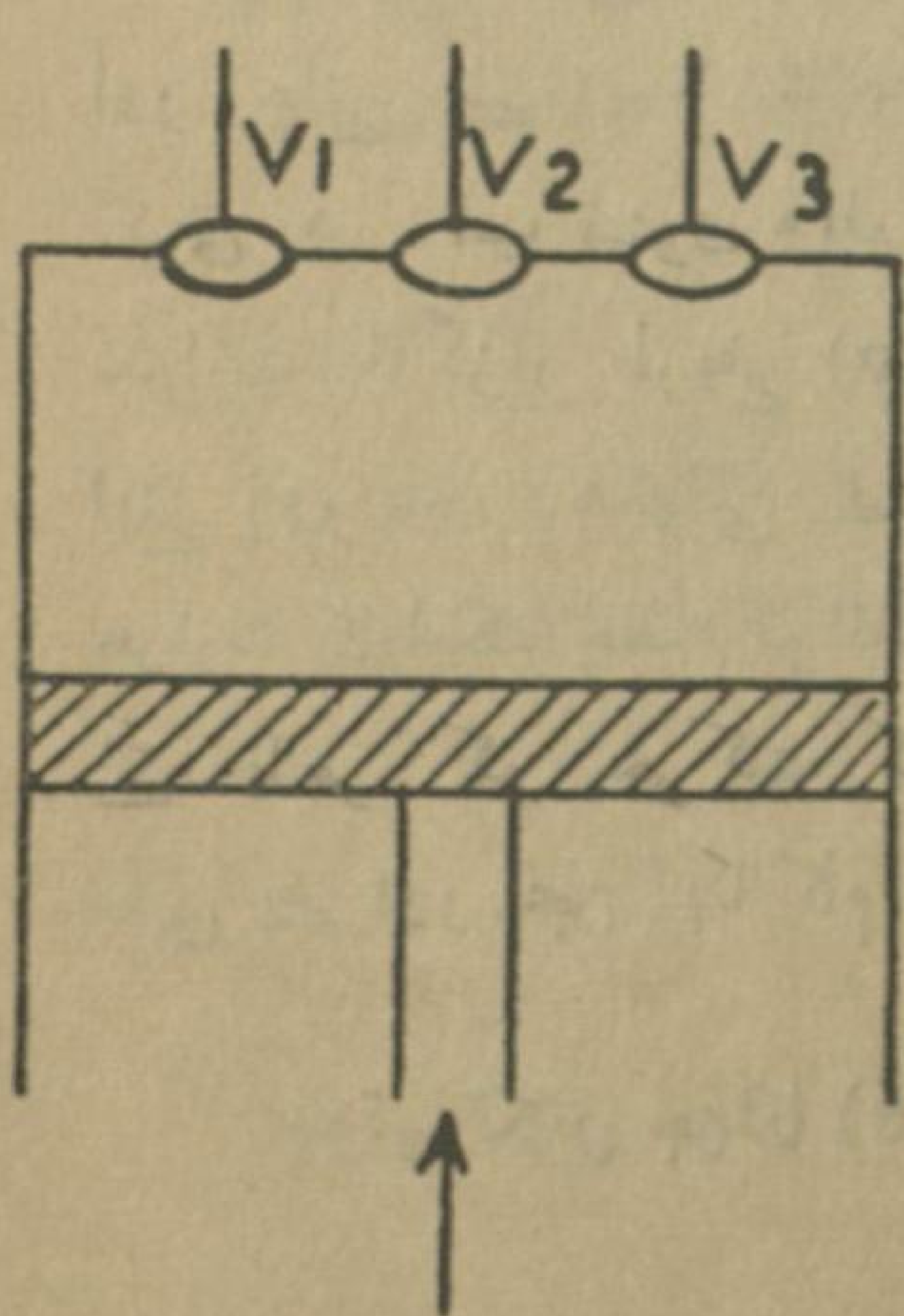
مشتعل ہو گیا اور انجن کا عامل جھٹکا (Working storke) جاری ہو گیا - اس کی مزید تفصیل ڈیزل انجن کے بیان میں حسب ذیل ہے -

ڈیزل انجن (Diesel enigne) - ڈیزل انجن بھی پیٹرول کے انجن کی طرح ایک سلنڈر اور پسٹن پر مشتمل ہوتا ہے اور اس کے سلنڈر میں تین والو (Valves) لگے ہوتے ہیں - اس انجن کے چلنے کا کام بھی چار جھٹکوں میں مکمل ہوتا ہے جس کی تفصیل حسب ذیل ہے -

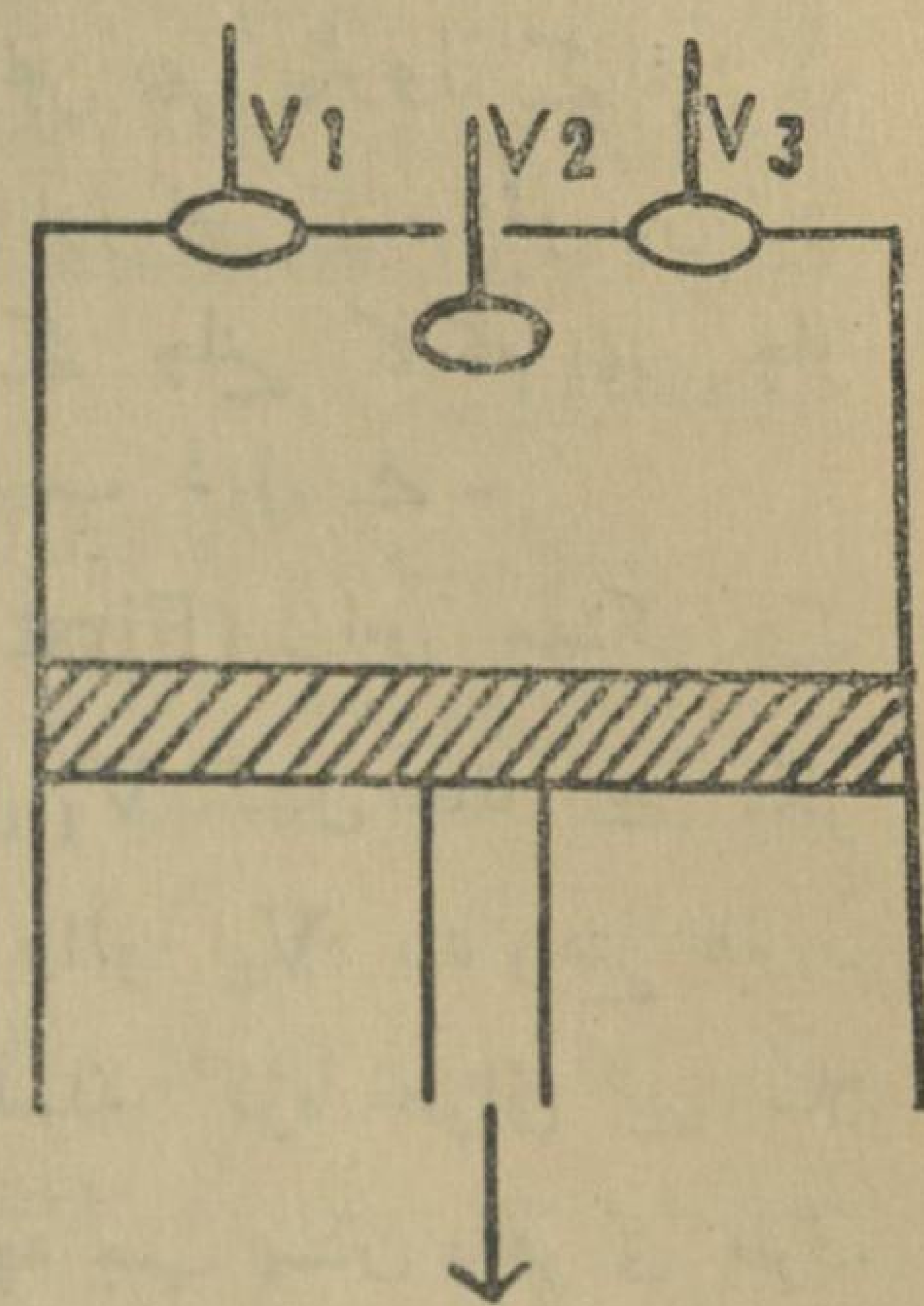
پہلا کھنچاؤ جھٹکا (First suction stroke) - اس جھٹکے کے دوران میں والو V_1 کھل جاتا ہے مگر والو V_2 اور والو V_3 بند رہتے ہیں - والو V_1 کا سلسلہ کرہ ہوائی سے ملا ہوتا ہے - چنانچہ جب پسٹن باہر کی طرف جاتا ہے تو والو V_1 کے راستے کرہ ہوائی کی ہوا سلنڈر میں کھنچی آتی ہے اور اس کو بھر دیتی ہے - اس وقت اس ہوا کا دباؤ کرہ ہوائی کے دباؤ کے برابر ہی ہوتا ہے -



دوسرا دباؤ جھٹکا (Second suction stroke) - اس جھٹکے کے دوران میں تمام والو بند رہتے ہیں اور پسٹن باہر کی طرف سے اندر کو جاتا ہے - اس سے اندر کی ہوا دب جاتی ہے اور اس کا حجم کم ہو کر پہلے حجم کا قریباً $\frac{1}{17}$ حصہ رہ جاتا ہے - ہوا کے اس طور دب جانے پر اس کا ٹمپریچر 1000°C تک اونچا ہو جاتا ہے اور اس کا دباؤ 35 کرہ ہوائی تک بڑھ جاتا ہے -

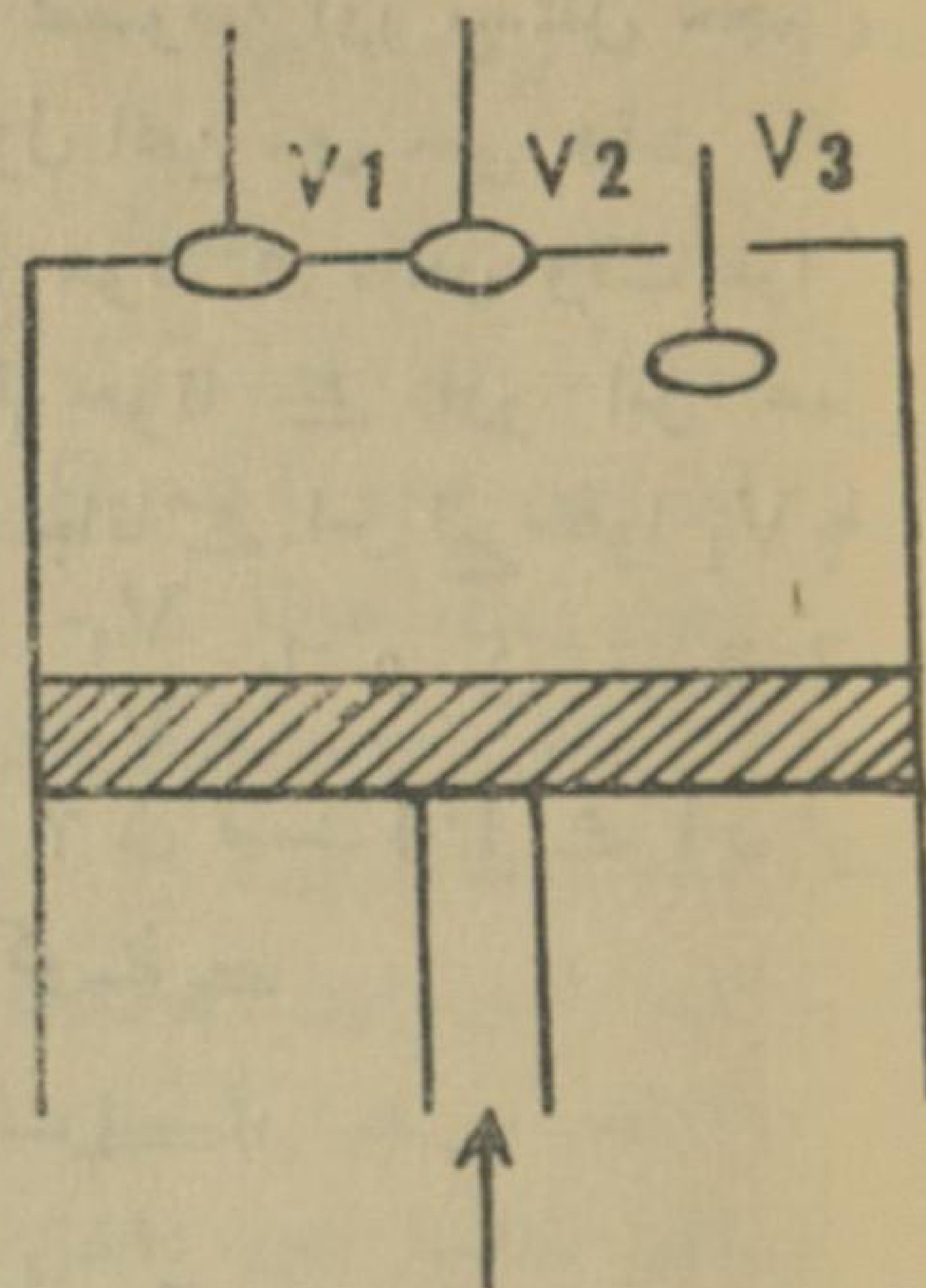


تیسرا عامل جھٹکا (Third working stroke) - اس اسٹیج پر درمیانی والو V_2 کھل جاتا ہے جس کی راہ سے جلنے والے تیل کی ایک پھوار ایک دباؤ پمپ کے ذریعے سلنڈر کے اندر داخل کی جاتی ہے - یہ جلنے والا تیل پیٹرول نہیں ہوتا بلکہ بھاری تیل یعنی کروڈ آئل (Crude oil) ہوتا ہے جو پیٹرول سے زیادہ سستی شے ہے - یہ تیل اب ڈیزل انجن میں استعمال کے باعث عرف عام میں **ڈیزل تیل یا ڈیزل آئل**(Diesel oil) کہلاتا ہے - جب ڈیزل تیل کی پھوار سلنڈر میں داخل ہوتی ہے تو چونکہ سلنڈر کے اندر کی ہوا کا ٹمپریچر (1000°C)



اس تیل کے نقطۂ اشتعال (Ignition point) سے بہت اونچا ہوتا ہے ، اس لیے یہ تیل سلنڈر میں داخل ہوتے ہی جلنے لگ جاتا ہے - تیل کی پھوار کو اندر پھینکنے کا عمل بتدریج ہوتا ہے اور اس کے ساتھ سلنڈر کے پسٹن کو بھی آہستہ آہستہ پیچھے ہٹایا جاتا ہے ، جس کے باعث سلنڈر کے اندر کا دباؤ مستقل یعنی قریباً 35 کرہ ہوائی پر قائم رہتا ہے- البتہ تیل کے جلنے سے اندر کا ٹمپریچر 2000°C تک اونچا ہو جاتا ہے اور جلنے سے پیدا شدہ حرارت کو سلنڈر کی ہوا مستقل دباؤ پر جذب کرتی ہے - اب تینوں والو بند ہو جاتے ہیں اور یہ گرم شدہ ہوا حرارت ناگزار طریقے (Adiabatically) سے پھیلتی ہے اور پسٹن کو اپنے زور میں دھکیلتی ہے اس طرح اس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے اور اس کی حرارت کا ایک حصہ توانائی میں تبدیل ہو جاتا ہے - یہی توانائی پسٹن کے باہر کو حرکت کرنے سے کرینک شیفٹ (Crank shaft) کو ملتی ہے اور انجن اپنا کام شروع کر دیتا ہے -

چوتھا نکاس جھٹکا (Fourth exhaust stroke) - اس جھٹکے کے



دوران میں والو V_3 کھل جاتا ہے مگر دوسرے دونوں والو V_1 اور V_2 بند رہتے ہیں ۔ اس لیے جب پسٹن دوبارہ اندر کی طرف آتا ہے تو جلنے کے عمل سے پیدا ہونے والی گیس اور ہوا کا آمیزہ جس کے پھیلاؤ کی طاقت اب قریباً ختم ہو چکتی ہے ، اس والو کے راستے سے باہر نکل کر کرہ ہوائی میں منتشر ہو جاتا ہے ۔

اس جھٹکے کے خاتمے پر والو V_3 بند ہو جاتی اور والو V_1 دوبارہ کھل جاتی ہے ۔ چنانچہ پسٹن جب باہر کو واپس آتا ہے تو وہ کرہ ہوائی سے ہوا کو اندر کھینچتا ہے اور انجن کا دوسرا دور (Cycle) شروع ہو جاتا ہے ۔

ڈیزل انجن کی کار کردگی ۔ اگر پہلے جھٹکے کے خاتمے پر سلنڈر میں ہوا کا حجم مخصوصہ (Specific volume) V_1 ہو اور دوسرے جھٹکے کے خاتمے پر جب ہوا بہت زیادہ دب جاتی ہے اور اس کا حجم کم ہو جاتا ہے ، اس کا حجم مخصوصہ V_2 ہو تو تیسرے جھٹکے میں جو انجن کا اصلی اور عامل جھٹکا ہوتا ہے ، ہوا کا پھیلاؤ V_2 سے V_1 تک حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) ہوتا ہے ، اس لیے $\frac{V_1}{V_2}$ اس حرارت ناگزار پھیلاؤ کی نسبت کو ظاہر کرتا ہے جسے ρ سے تعبیر کیا جاتا ہے اگر انجن کی کارگردگی (Efficiency) η ہو تو جیسا کہ اگلے باب میں ثابت کیا جائے گا اس انجن کی صورت میں بھی

$$\eta = 1 - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma - 1}$$

یا $$\eta = 1 - \left(\frac{1}{\rho}\right)^{\gamma - 1}$$

جب کہ ھوا کے لیے مستقل دباؤ پر حرارت مخصوصہ اور مستقل حجم پر حرارت مخصوصہ کی نسبت γ ھو ۔ چونکہ ڈیزل انجن میں جس وقت انجن کا عملی جھٹکا (Working stroke) شروع ھوتا ھے ، اس وقت ھوا کا حجم اس کے دبا ھونے کے باعث قریباً $\frac{1}{17}V_1$ ھوتا ھے اور اس عملی جھٹکے کے خاتمے پر اس کا حجم V_1 ھو جاتا ھے اس لیے ھوا $\frac{1}{17}V_1$ یعنی V_2 سے V_1 تک پھیلتی ھے اور اس لیے $\frac{V_1}{V_2}$ یا ρ کی قیمت 17 ھوتی ھے ۔ علاوہ ازیں چونکہ ھوا کے لیے γ کی قیمت 1.4 ھے اس لیے ان قیمتوں کو اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{17}\right)^{1.4-1} = 63\%$$

یہ مثالی حالات کی کار کردگی ھے جس میں ان دیگر امور کو جو انجن کی کار کردگی کو کم کرتے رھتے ھیں ، نظر انداز کیا گیا ھے اس لیے عملی طور پر ایک ڈیزل انجن کی کار کردگی اس سے کافی کم یعنی 40 سے 50% تک ھوتی ھے ۔

پیٹرول انجن اور ڈیزل انجن کا مقابلہ

پیٹرول انجن	ڈیزل انجن
۱ - اس انجن میں پیٹرول بطور ایندھن کے استعمال ھوتا ھے اور ھوا کار کن شے ھوتی ھے ۔	۱ - اس انجن میں کروڈ آئل جسے ڈیزل آئل کہتے ھیں ، بطور ایندھن استعمال ھوتا ھے اور ھوا کار کن شے ھوتی ھے ۔
۲ - اس انجن میں پیٹرول کے بخارات کو چنگاری سے مشتعل کرنے کے لیے بیٹری کی ضرورت پڑتی ھے ۔	۲ - اس انجن میں ڈیزل آئل کے بخارات کو مشتعل کرنے کے لیے بیٹری کی ضرورت نہیں پڑتی ۔
۳ - برقی بیٹری میں نقص واقع ھونے سے اس انجن کے بند ھو جانے کا امکان نسبتاً زیادہ ھوتا ھے ۔	۳ - اس انجن کے بند ھو جانے کا امکان نسبتاً کم ھوتا ھے ۔

پیٹرول انجن	ڈیزل انجن
۴ - پیٹرول کے نسبتاً زیادہ اشتعال پذیر ہونے کے باعث اس انجن میں آگ لگنے کا خطرہ زیادہ ہوتا ہے ۔	۴ - ڈیزل آئل کے نسبتاً کم اشتعال پذیر ہونے کے باعث اس انجن میں آگ لگنے کا خطرہ کم ہوتا ہے ۔
۵ - اس انجن میں کاربوریٹر کا استعمال ہوتا ہے ۔	۵ - اس انجن میں کاربوریٹر کا استعمال نہیں ہوتا ۔
۶ - اس انجن میں پیٹرول کے بخارات اور ہوا کا آمیزہ ایک ساتھ سلنڈر میں داخل کیا جاتا ہے ۔	۶ - اس انجن میں پہلے ہوا کو بھاری دباؤ کے ماتحت دبایا جاتا ہے اور پھر اس میں ڈیزل آئل کو داخل کیا جاتا ہے ۔
۷ - اس انجن میں کسی علیحدہ پمپ کا استعمال نہیں ہوتا ۔	۷ - اس انجن میں ڈیزل آئل کی پھوار کو سلنڈر میں داخل کرنے کے لیے ایک پمپ کی ضرورت ہوتی ہے ۔
۸ - اس انجن میں استعمال ہونے والا پیٹرول نسبتاً خالص اور زیادہ قیمتی ایندھن ہوتا ہے ۔	۸ - اس انجن میں استعمال ہونے والا ڈیزل آئل نسبتاً کثیف اور کم قیمت ہوتا ہے ۔
۹ - اس انجن کو چلانے میں خرچ نسبتاً زیادہ آتا ہے ۔	۹ - اس انجن کو چلانے میں خرچ نسبتاً کم آتا ہے ۔
۱۰ - اس انجن میں ہوا حرارت کو مستقل حجم پر جذب کرتی ہے ۔	۱۰ - اس انجن میں ہوا حرارت کو مستقل دباؤ پر جذب کرتی ہے ۔
۱۱ - اس انجن میں حرارت ناگزار پھیلاؤ (Adiabatic expansion) کی نسبت کم ہوتی ہے ۔	۱۱ - اس انجن میں حرارت ناگزار پھیلاؤ (Adiabatic expansion) کی نسبت زیادہ ہوتی ہے ۔

پیٹرول انجن	ڈیزل انجن
۱۲ - یہ انجن وزن میں نسبتاً ہلکا ہوتا ہے -	۱۲ - یہ انجن وزن میں نسبتاً بھاری ہوتا ہے -
۱۳ - یہ انجن فوری طور پر عمل میں لایا جا سکتا ہے -	۱۳ - اس انجن کو عمل میں لانے کے لیے کچھ عرصہ درکار ہوتا ہے -
۱۴ - اس انجن کی کارکردگی نسبتاً کم ہوتی ہے -	۱۴ - اس انجن کی کارگردگی نسبتاً زیادہ ہوتی ہے -

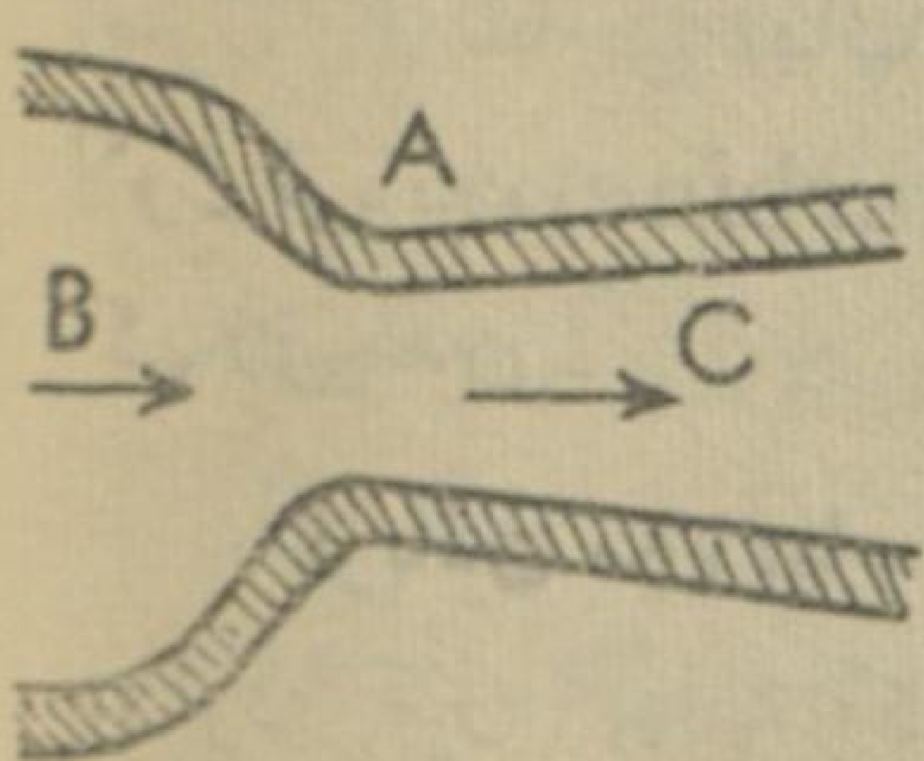
بھاپ کی ٹربائین (Steam turbine) - ہوا چکی (Wind mill) اور پن چکی (Water mill) بہت قدیم زمانے سے انسان کے زیر استعمال ہیں - ان دونوں چکیوں میں ایک پہیہ دھرے کے گرد گومتا ہے اور پہیے کے کنارے پر تھوڑے تھوڑے فاصلے پر مناسب سائز کے بلیڈ لگے ہوتے ہیں - چلتی ہوئی ہوا یا بہتا ہوا پانی جب ان بلیڈوں کے ساتھ ٹکراتا ہے تو وہ ان کو آگے کو حرکت دیتا ہے - اس عمل میں ایک بلیڈ کے بعد دوسرا بلیڈ ہوا یا پانی کی ٹکر کھاتا ہے اور آگے کو حرکت کرتا ہے - جس کا نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ پورا پہیہ تیز رفتار کے ساتھ گردش کرنے لگتا ہے - اور پہیے کی گردش کے ساتھ اس کے ساتھ لگا ہوا شیفٹ (Shaft) بھی گھومنا شروع کر دیتا ہے جس کے بعد اس گردش سے مختلف قسم کے مفید کام لیے جاتے ہیں - لیکن ہوا چکی (Wind mill) اور پن چکی (Water mill) میں ایک ایک بنیادی خامی بھی ہے جس کے باعث ان کے استعمال کا دائرہ بہت محدود ہے - ہوا چکی صرف ہوا کے چلنے سے چلتی ہے اور ہوا کے چلنے پر انسان کا زور نہیں ہوتا - اس لیے اگر ہوا کا چلنا رک جائے یا مدھم ہو جائے تو ہوا چکی کا چلنا بھی رک جاتا ہے ، یا مدھم ہو جاتا ہے - ادھر پن چکی کا یہ حال ہے کہ وہ صرف ایسے علاقے ھی میں نصب ہو سکتی ہے جہاں ایک ندی کی صورت میں پانی بلندی سے نیچے بہہ رہا ہو - اس وجہ سے جب بھاپ کی نئی طاقت سائنس دانوں کے ھاتھ میں آگئی اور وہ اسے بھاپ

کے انجنوں میں استعمال کرنے لگے تو انھیں ایک عرصے کے بعد یہ خیال سوجھا کہ بھاپ کی قوت سے وہ کام لیا جائے جو ہوا چکی میں ہوا سے اور پن چکی میں پانی سے لیا جاتا ہے ۔ اس طریقے پر چلنے والی مشین کو جو،ایک قسم کا حرارتی انجن ہی ہے **بھاپ کی ٹربائین** (Steam turbine) کہتے ہیں ۔ بھاپ کا انجن واٹ نے اٹھارویں صدی میں بنایا تھا لیکن بھاپ کی ٹربائین (Steam turbine) اس سے ایک صدی بعد یعنی انیسویں صدی میں وجود میں آئی ۔ ٹربائین (Turbine) کی ایجاد اور ترقی میں سویڈن کے سائنس دان لاول (Laval) اور انگلستان کے سائنس ذان پارسنز (Parsons) کا بہت دخل ہے جنھوں نے اپنے اپنے اصول کے مطابق بھاپ کی ٹربائین بنائیں جو اپنے موجدوں کے نام پر اب لاول ٹربائین (Laval turbine) اور پارسنز ٹربائین (Parsons turbine) کہلاتی ہیں ۔

ٹربائین میں بھاپ کا استعمال ۔ بھاپ کا انجن اور بھاپ کی ٹربائین دونوں میں بھاپ کا استعمال ہوتا ہے ۔ مگر جہاں بھاپ کے انجن میں بھاری دباؤ کی بھاپ (High pressure steam) کو داخل کرکے اس کے دباؤ سے براہ راست کام لیا جاتا ہے ، وہاں بھاپ کی ٹربائین میں دباؤ کی اس توانائی کو پہلے رفتار کی توانائی میں تبدیل کیا جاتا ہے اور پھر اس تیز رفتار بھاپ کو ٹربائین کے پہیے کے بلیڈوں پر عمل کر کے ان کو گھمانے کا کام لیا جاتا ہے ۔ اس کی صورت یہ ہے کہ بھاپ کو جو بھاری دباؤ کے ماتحت ہوتی ہے، ایک تنگ گزرگاہ میں سے گزارا جاتا ہے ، جس سے بھاپ کی رفتار بڑھ جاتی ہے ۔ اس طرح اس کی حرارتی توانائی (Heat energy) حرکتی توانائی (Kinetic energy) میں تبدیل ہو جاتی ہے ۔ یہ بھاپ ایک دھار یا جٹ (Jet) کی صورت میں نکلتی ہے جس کا دباؤ کم اور جس کی رفتار زیادہ ہوتی ہے۔ بھاپ کا یہی جٹ ٹربائین کے پہیے کے بلیڈوں پر ٹکراتا ہے اور ان میں حرکت پیدا کرتا ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ تنگ گزر گاہ میں سے گزرنے سے پہلے بھاپ کا دباؤ زیادہ اور اس کی رفتار کم ہوتی ہے اور اس وجہ سے اس کی حرارتی توانائی (Heat energy) زیادہ اور اس کی حرکتی توانائی (Kinetic energy)

کم ہوتی ہے - مگر تنگ گزرگاہ میں سے گزرنے کے بعد بھاپ کا دباؤ کم اور اس کی رفتار زیادہ ہو جاتی ہے جس سے اس کی حرارتی توانائی گھٹ جاتی ہے اور اس کی حرکتی توانائی (Kinetic energy) اسی نسبت سے بڑھ جاتی ہے - اس کی ریاضیاتی توجیہ حسب ذیل ہے -

فرض کیجیے کہ A تنگ گزرگاہ ہے - B وہ جگہ ہے جہاں گزرگاہ میں سے گزرنے سے پہلے بھاپ کا دباؤ بہت زیادہ ہے اور C وہ جگہ ہے جہاں تنگ گزر گاہ میں سے گزرنے کے بعد بھاپ کا دباؤ گر کر کم ہو جاتا ہے - اگر گزرگاہ A میں سے گزرنے سے پہلے (یعنی B علاقے میں) بھاپ کا دباؤ P_1 اس کے ایک گرام کا حجم V_1، اس کی اندرونی توانائی U_1 اور اس کی رفتار v_1 ہو اور گزر گاہ میں سے گزرنے کے بعد (یعنی C علاقے میں) بھاپ کا دباؤ P_2 اس کے ایک گرام کا حجم V_2 اس کی اندرونی توانائی U_2 اور اس کی رفتار v_2 ہو تو B علاقے میں ایک گرام بھاپ کی حرکتی توانائی (Kinetic energy) $\frac{1}{2}v_1^2$ اور C علاقے میں ایک گرام بھاپ کی حرکتی توانائی $\frac{1}{2}v_2^2$ ہو گی - چونکہ رفتار V_2 رفتار v_1 سے بہت زیادہ ہے اس لیے تنگ گزرگاہ میں سے گزرنے کے بعد حرکتی توانائی کی زیادتی فی گرام



$$=\frac{1}{2}v_2^2-\frac{1}{2}v_1^2$$

گزرگاہ میں سے گزرنے کے بعد بھاپ پر ہونے والا کام (جیسا کہ اس کی تشریح پہلے کی جا چکی ہے)

$$p_1v_1 - p_2v_2$$

ہے اور اس میں آنے والی اندرونی توانائی کی کمی

$$u_1 - u_2$$

ہے - اگر گزرگاہ A میں سے بھاپ کے گزرنے کا عمل حرارت ناگزار طریقے (Adiabatically) سے ہو رہا ہو جیسا کہ وہ قریباً قریباً ہو رہا ہوتا ہے ، تو گزرگاہ میں سے گزرنے کے بعد جو کام بھاپ پر ہوتا ہے اور جتنی اندرونی توانائی اس کی گھٹتی ہے ، ان دونوں کے برابر اس کی حرکتی

توانائی بڑھ جاتی ہے - اس وجہ سے ایک گرام بھاپ کے لیے

$$\frac{1}{2}v_2^2 - \frac{1}{2}v_1^2 = P_1V_1 - P_2V_2 + u_1 - u_2$$

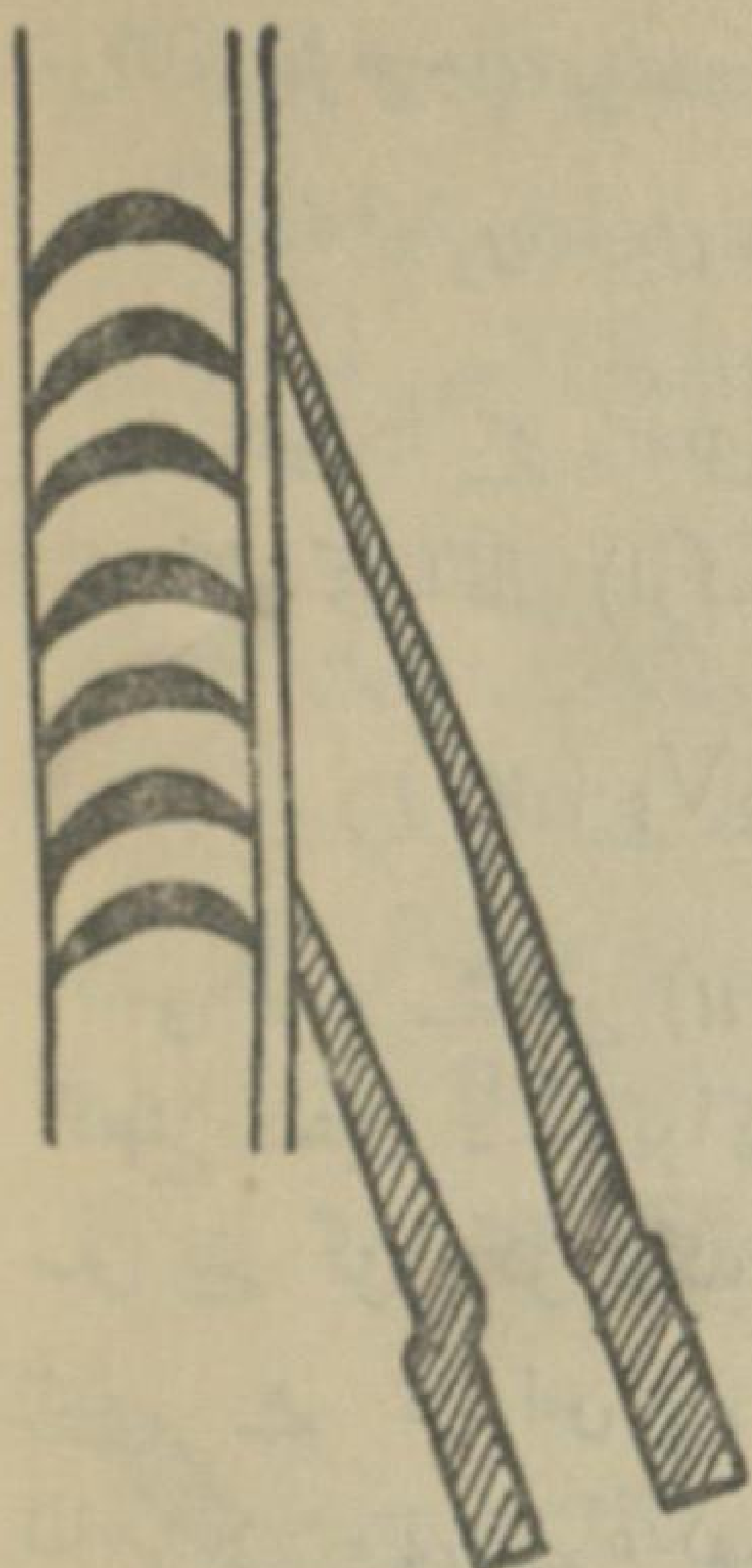
اس مساوات کے متعلق یہ یاد رکھنا چاہیے کہ اس میں تمام مقداروں کو کام کی اکائی (ارگ) میں ظاہر کیا جاتا ہے - پس اس مساوات سے

$$\frac{1}{2}v_2^2 - \frac{1}{2}v_1^2 = (P_1V_1 + u_1) - (P_1V_1 + u_2)$$

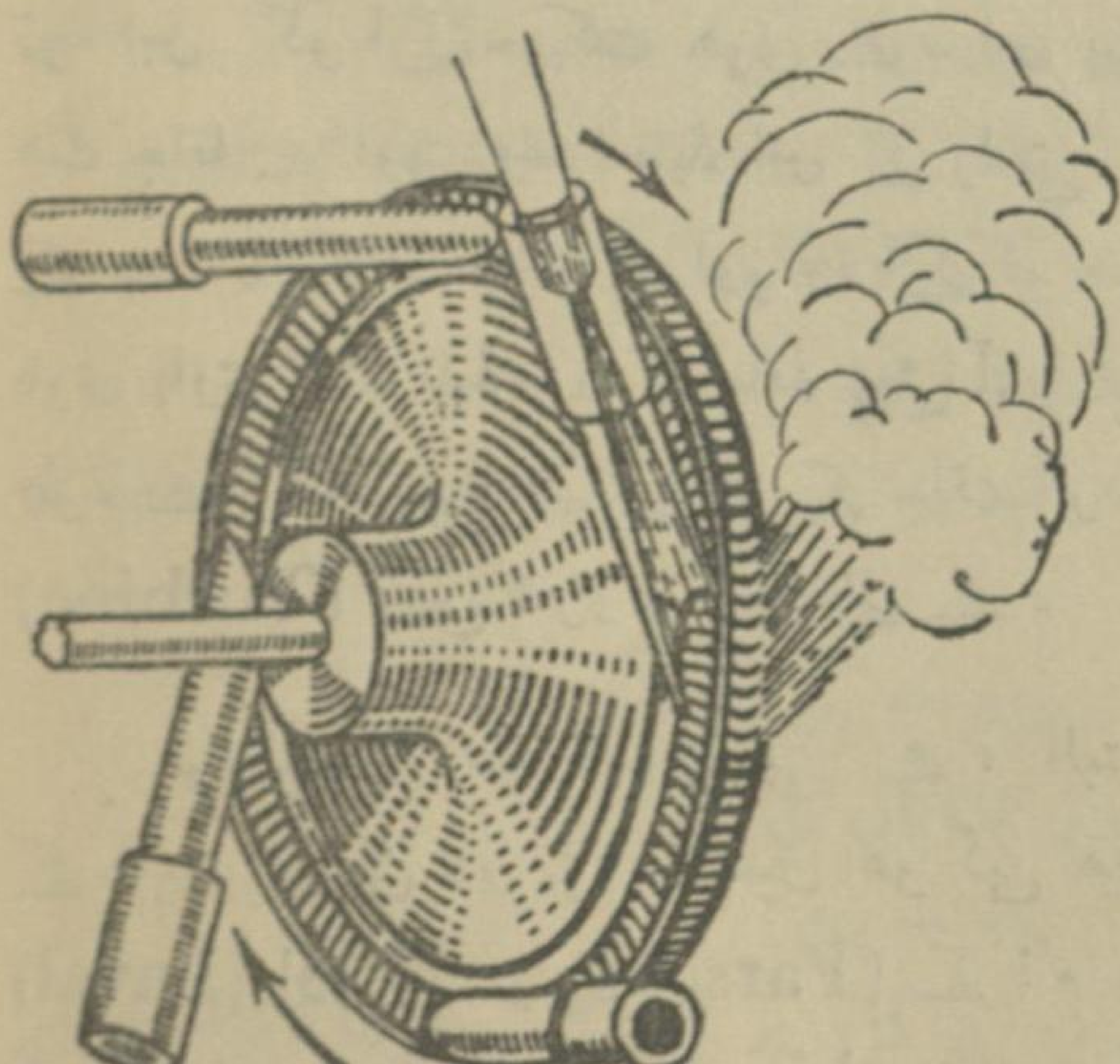
کسی گیس کے لیے $(PV+u)$ کو اس کی کل حرارت (Enthalpy) کہتے ہیں - اوپر کی مساوات سے ظاہر ہے کہ جب بھاپ تنگ گزرگاہ میں سے گزر کر ایک دھار یعنی جٹ (Jet) کی صورت اختیار کر لیتی ہے تو اس کی کل حرارت (Enthalpy) ، جو $(PV - u)$ سے ظاہر کی جاتی ہے ، گھٹ جاتی ہے اور کل حرارت میں جتنی کمی اس طور سے ہوتی ہے اتنی ہی زیادتی بھاپ کی حرکتی توانائی (Kinetic energy) میں ہو جاتی ہے - جب یہ تیز رفتار بھاپ ، جس کی حرکتی توانائی بڑھی ہوتی ہے ، آگے بڑھ کر ٹربائین کے پہیے کے بلیڈ کے ساتھ ٹکراتی تو اس کو آگے حرکت ہوتی ہے - اس پر یہ بلیڈ اس کے راستے سے ہٹ جاتا ہے اور دوسرا بلیڈ اس کے راستے میں آ جاتا ہے جس پر بھاپ کے جٹ کا ٹکراؤ ہوتا ہے اور وہ آگے کو حرکت کر جاتا ہے - یہ صورت باری باری تمام بلیڈوں کے ساتھ پیش آتی ہے - جس کا مجموعی اثر یہ ہوتا ہے کہ پہیہ تیز رفتار کے ساتھ گردش میں آ جاتا ہے اور ٹربائین (Turbine) چلنی شروع ہو جاتی ہے -

ٹربائین کا عام اصول یہی ہے ، البتہ اس کی ساخت کے اختلاف کے باعث اس کی دو بڑی قسمیں ہو گئی ہیں جو ان کے موجدوں لاول (Laval) اور پارسنز (Parsons) کے نام پر لاول ٹربائین (Laval ter-bine) اور پارسنز ٹربائین (Parsons turbine) کہلاتی ہے -

لاول ٹربائین (Laval Turbine) - لاول نے اپنی ٹربائین 1887ء میں مکمل کی تھی - اس ٹربائین کے ایک حصے کا خاکہ حسب ذیل ہے :



بھاپ تنگ گزرگاہ میں سے گزرنے کے بعد ایک جٹ کی صورت میں ان بلیڈوں میں داخل ہوتی ہے جو پیالے کی شکل کے ہوتے ہیں اور ٹربائین کے محیط کے ساتھ یکساں یکساں فاصلے پر لگے ہوتے ہیں - بھاپ دو بلیڈوں کے درمیان سے جب گزر کر باہر نکلتی ہے تو اس کی سمت بدل جاتی ہے جس کے باعث بلیڈ کو سامنے کی طرف ایک دھکا (Impulse) لگتا ہے - یہ عمل چند بلیڈوں کے ایک گروپ پر بیک وقت ہوتا ہے کیونکہ بھاپ کا جٹ پہیے کے رم (Rim) پر پہنچ کر متعدد حصوں میں بٹ جاتا ہے اور اس طرح متعدد بلیڈوں پر دھکا (Impulse) لگاتا ہے ، جیسا کہ اوپر کی شکل میں ظاہر ہے - اس کے بعد دیگر بلیڈ جٹ کی راہ میں آتے ہیں اور اس طرح یہ سلسلہ جاری رہتا ہے جس کے نتیجے میں پہیہ تیزی سے حرکت کرنے لگ جاتا ہے - عملی طور پر ٹربائین کے ایک پہیے پر اس قسم کے چار جٹ (Jet) مختلف سمتوں سے عمل پیرا ہوتے ہیں جس کے باعث پہیے کی گردش زیادہ زور کے ساتھ ہونے لگتی ہے -



چونکہ ٹربائین کے پہیے کی رفتار بہت تیز ہو جاتی ہے ، اس لیے اس پہیے کا درمیانی حصہ بہت موٹا بنایا جاتا ہے تا کہ وہ اس تیز گزدش کے عمل کو سہار لے - اوپر کی شکل میں یہ درمیانی حصہ موٹا دکھائی دے رہا ہے -

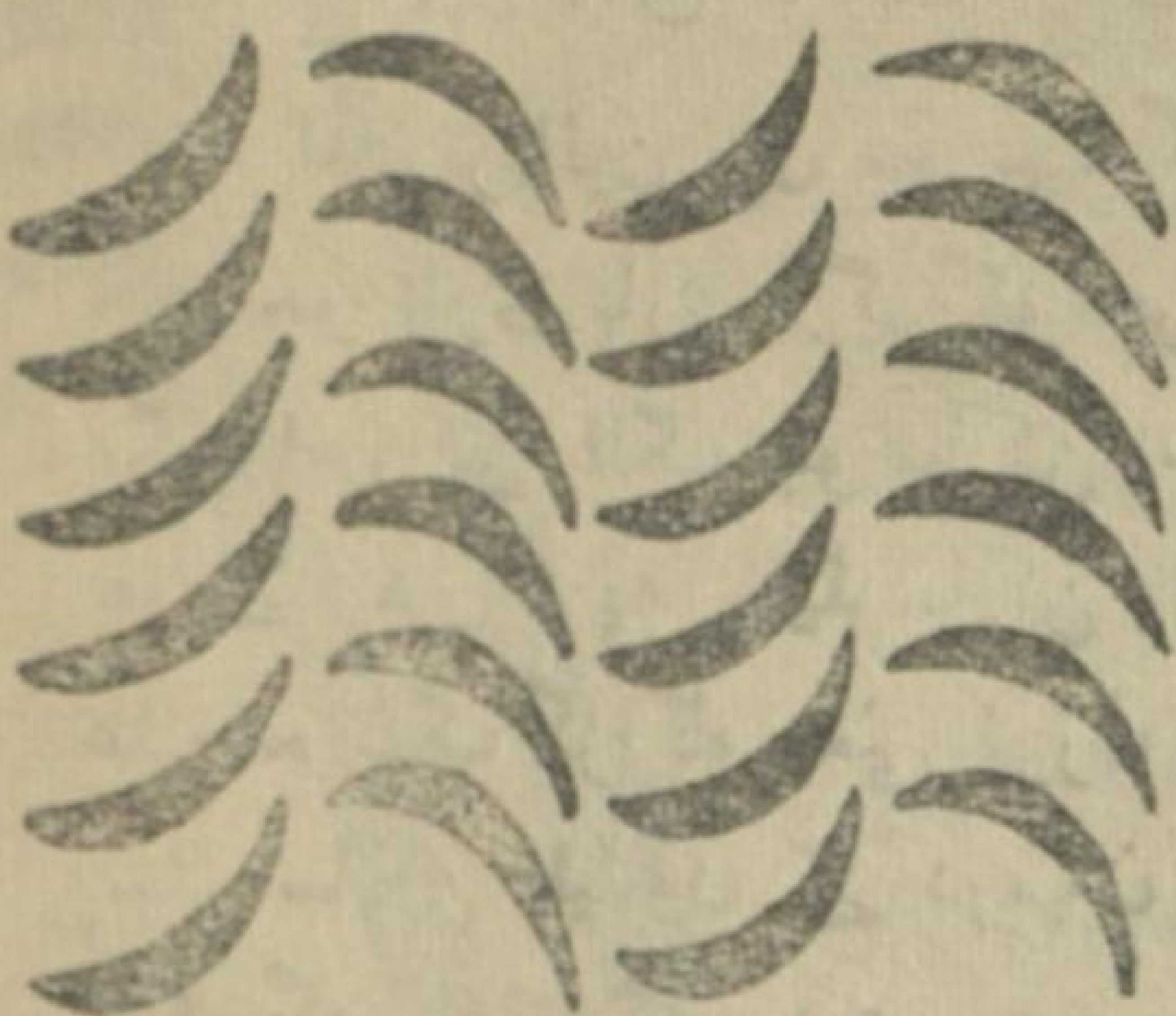
پارسنز ٹربائین (Parsons turbine) - پارسنز (Parsons) نے ٹربائین پر اپنی تحقیقات کا آغاز لاول (Laval) کے زمانے ھی میں کر دیا تھا اور یہ دونوں موجد ھم عصر تھے ، مگر جہاں لاول نے اپنی ٹربائین 1884ء میں مکمل کر لی ، وھاں پارسنز کی ٹربائین اس کے تیرہ سال بعد یعنی 1897ء میں وجود میں آئی -

اس ٹربائین میں جو پہیہ گھومتا ھے اس کے ساتھ تو بلیڈ ھوتے ھی ھیں جو باری باری آگے کو حرکت کرتے ھیں لیکن اس پہیے کے اوپر مگر اس سے الگ جو ساکن خول ھوتا ھے اس میں بھی بلیڈ موجود ھوتے ھیں - یہ بلیڈ ساکن رھتے ھیں - اس صورت میں بھاپ کسی علیحدہ تنگ گزرگاہ یعنی نوزل (Nozzel) میں سے نہیں گزرتی بلکہ وہ پہلے ساکن بلیڈوں کے درمیان میں داخل ھوتی ھے جو دو دو مل کر ایک گزرگاہ کا کام دیتے ھیں - شکل میں یہ ساکن بلیڈ بائیں طرف دکھائے گئے ھیں - جب بھاپ ساکن بلیڈوں کے درمیان سے گزرتی ھے تو وہ جٹ کی صورت اختیار کرلیتی ھے جس کا رخ اوپر کو ھوتا ھے - اس کے بعد وہ متحرک بلیڈوں کے درمیان میں داخل ھوتی ھے جہاں اس کا رخ بدل جاتا ھے اور نیچے کی طرف ھو جاتا ھے ، جیسا کہ شکل میں نمایاں ھے - دو بلیڈوں کا درمیانی فاصلہ (خواہ وہ بلیڈ ساکن ھوں یا متحرک ھوں) یکساں نہیں ھوتا بلکہ وہ بھاپ کے داخل ھونے کی جگہ پر چوڑا اور بھاپ کے نکلنے کی جگہ پر تنگ ھوتا ھے - اس کا نتیجہ یہ ھے کہ جب بھاپ متحرک بلیڈوں کے درمیان میں سے گزرتی ھے تو بلیڈوں کے درمیانی راستے کے تنگ ھوتے جانے سے اس کی رفتار زیادہ ھو جاتی ھے جس کے باعث ان بلیڈوں پر ایک رد عمل (Reaction) عمل کرنے لگتا ھے جو ان کو گھماتا ھے - علاوہ ازیں یہ بھاپ ان بلیڈوں کے درمیان ذرا ترچھا داخل ھونے کے باعث ان کو دھکا (Impulse) بھی دیتی ھے - اس طرح جہاں لاول (Laval) کی ٹربائین کے بلیڈ صرف اس دھکے (In pulse) کے باعث گھومتے ھیں جو ان کو بھاپ کے جٹ سے

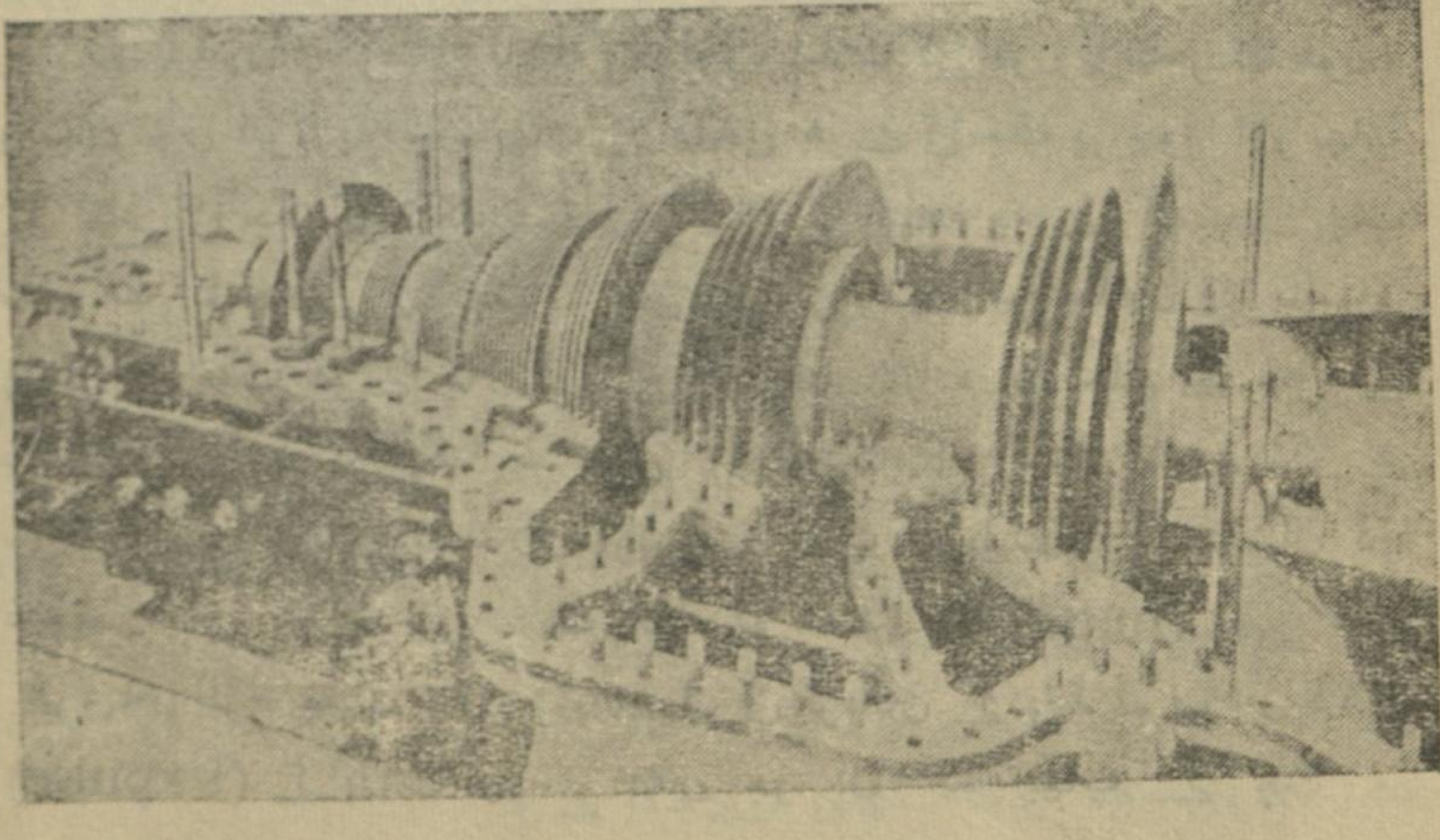


لگتا ہے ، وہاں پارسنز (Parsons) کی ٹربائین میں رد عمل (Reaction) اور دھکا (Impulse) دونوں بلیڈوں کو گھمانے کا کام کرتے ہیں ۔

پارسنز ٹربائین میں ساکن بلیڈوں اور متحرک بلیڈوں کا صرف ایک جوڑا اوپر کی شکل میں دکھایا گیا ہے ۔ لیکن حقیقت یہ ہے کہ اس ٹربائین میں اس قسم کے بہت سے جوڑے موجود ہوتے ہیں ۔ چنانچہ جب پہلے جوڑے کے متحرک بلیڈوں کے درمیان سے بھاپ خارج ہوتی ہے تو وہ دوسرے جوڑے کے ساکن بلیڈوں میں سے ہوتی ہوئی اس جوڑے کے متحرک بلیڈوں کو گھماتی ہے ۔ یہ صورت سامنے



کی تصویر میں نمایاں ہے ، جہاں وضاحت کے لیے اس قسم کے دو جوڑے دکھائے گئے ہیں ۔ مگر درحقیقت ایک اصلی ٹربائین میں ایسے جوڑوں کی تعداد بہت زیادہ ہوتی ہے اور پچاس سے لے کر سو تک پہنچ سکتی ہے ۔ ان تمام جوڑوں کے متحرک بلیڈوں والے پہیے آپس میں ایک بڑے شیفٹ (Shaft) کے ذریعے ملحق ہوتے ہیں اور وہ ایک ساتھ گھومتے ہیں ۔ ذیل کی شکل میں اس قسم کی ٹربائین کی ایک تصویر دی گئی ہے جس میں بلیڈوں کے بہت سے جوڑے نمایاں طور پر نظر آ رہے ہیں ۔



سوالات

Q. 1. What do you understand by the Heat engine ?

Explain the difference between External combustion engine and Internal combustion engine.

حرارتی انجن سے آپ کی کیا مراد ہے ؟

بیرونی احتراق انجن اور اندرونی احتراق انجن میں فرق کی وضاحت کرو ۔

Q. 2. Give a brief account of the development of Steam engine. What modifications were brought about in the Steam engine by James Watt ?

بھاپ کے انجن کی ترقی کا حال بیان کرو ۔ اس انجن میں جیمز واٹ نے کون کون سی اصلاحیں کیں ؟

Q. 3. Describe the construction and working of the Steam engine. Illustrate your answer by a suitable diagram.

بھاپ کے انجن کی ساخت اور عمل بیان کرو اور مناسب اشکال سے اپنے جواب کی وضاحت کرو ۔

Q. 4. Explain the function and advantage of governor in a Steam engine.

بھاپ کے انجن میں گورنر کا عمل اور فائدہ بیان کرو ۔

Q. 5. Write a brief note on the efficiency of Steam engine. How can this efficiency be raised ?

بھاپ کے انجن کی کارکردگی پر ایک نوٹ لکھو ۔ اس کارکردگی کو کس طرح بڑھایا جا سکتا ہے ؟

Q. 6. Explain the construction and working of a Petrol engine.

پیٹرول انجن کی ساخت اور عمل کی تشریح کیجیے ۔

Q. 7. Write a short note on the efficiency of a Petrol engine and state how it can be increased ?

پیٹرول انجن کی کارکردگی پر ایک نوٹ قلمبند کیجیے اور بتائیے
کہ اسے کس طرح بڑھایا جا سکتا ہے ؟

Q. 8. Give the points of difference between a Steam engine and Petrol engine.

بھاپ کے انجن اور پیٹرول انجن میں نقطہ ھائے اختلاف بیان کیجیے ۔

Q. 9. Describe the construction and working of a Diesel engine and write what you know about its efficiency ?

ڈیزل انجن کی ساخت اور عمل بیان کیجیے ۔ اس کی کارکردگی کے
متعلق آپ کیا جانتے ھیں ؟

Q. 10. Compare the Petrol engine with the Diesel engine.

پیٹرول انجن اور ڈیزل انجن کا باھمی مقابلہ کیجیے ۔

Q. 11. What do you understand by a turbine ? Describe the principle under which a Steam turbine works.

ٹربائین سے تمھاری کیا مراد ھے ؟ بھاپ کی ٹربائین جس اصول پر
کام کرتی ھے اس کی تشریح کرو ۔

Q. 12. Describe Laval Turbine and Parsons Turbine giving the mode of working of each.

لاول ٹربائین اور پارسنز ٹربائین کی تشریح کیجیے اور ان میں سے
ھر ایک کا طریق عمل لکھیے ۔

گیارھواں باب

حرارتی حرکیات کا دوسرا قانون

(SECOND LAW OF THERMO-DYNAMICS)

حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے پہلے قانون کی تفصیل نویں باب میں دی جا چکی ہے - اس قانون سے ثابت ہوتا ہے کہ حرارت اور کام ایک دوسرے میں تبدیل ہو سکتے ہیں یعنی حرارت کو کام میں منتقل کیا جا سکتا ہے اور کام کرکے حرارت پیدا کی جا سکتی ہے - علاوہ ازیں جب حرارت اور کام کا باھمی تبادلہ ہوتا ہے تو حرارت کی ایک خاص مقدار (یعنی ایک کلوری) ھمیشہ کام کی ایک خاص مقدار (یعنی $4{\cdot}186\times10^7$) کے برابر ہوتی ہے - البتہ اس قانون سے یہ وضاحت نہیں ہوتی کہ وہ کونسے حالات ہیں جس کے ماتحت حرارت کو کام میں تبدیل کیا جا سکتا ہے - اور اس بارے میں کیا کوئی ایسا قانون ہے جو حرارت کے کام میں تبدیل ہونے پر حاوی ہے - اس سوال کا جواب معلوم کرنے کے لیے ھمیں ایک بار پھر حرارتی انجنوں کے مطالعے کی طرف رجوع کرنا پڑے گا کیونکہ ایک حرارتی انجن میں فی الواقع حرارت کی ایک مقدار کام میں تبدیل کی جاتی ہے -

سب سے پہلے بھاپ کے انجن کو لیجیے - اس میں پہلی ضروری شے ایک بھٹی ہے ، جہاں کوئلے وغیرہ جلا کر حرارت پیدا کی جاتی ہے - اس بھٹی کا ٹمپریچر بہت بڑھا ہوا ہوتا ہے - اس وجہ سے ہم اس کو گرم جسم (Hot body) کا نام دے سکتے ہیں - اس گرم جسم سے حرارت لے کر پہلے پانی بھاپ میں تبدیل ہوتا ہے اور پھر یہ بھاپ مزید حرارت حاصل کر کے اپنے ٹمپریچر کو معمول سے بڑھاتی ہے - یہ بھاپ انجن میں

پسٹن کو چلا کر کام سر انجام دیتی ہے اور اس وجہ سے وہ عامل شے (Working substance) ہوتی ہے -

جب یہ بھاپ انجن کے پسٹن کو چلا کر کام کرتی ہے تو اس کی حرارت کا کچھ حصہ اس کام میں منتقل ہو جاتا ہے - اس کے بعد یہ بھاپ انجن سے باہر نکل کر اپنی باقی حرارت کرہ ہوائی کو دے دیتی ہے - کوئلوں کی بھٹی کے مقابلے میں اس کرہ ہوائی کا ٹمپریچر بہت کم ہوتا ہے اس لیے جب ہم بھٹی کو گرم جسم (Hot body) قرار دیتے ہیں تو اس کے مقابلے میں کرہ ہوائی کو سرد جسم (Cold body) کہہ سکتے ہیں - پس بھاپ کے انجن سے کام لینا صرف اسی صورت میں ممکن ہے جب بھاپ جو گرم جسم کے ساتھ لگ کر اونچے ٹمپریچر پر ہوتی ہے، بتدریج ٹھنڈی ہو کر سرد جسم کے نیچے ٹمپریچر پر آ جائے یعنی اس کے ٹمپریچر میں ایک گراؤ پیدا ہو جائے -

ایک اندرونی احتراق انجن (Internal combustion engine) مثلاً پیٹرول انجن میں بھی اسی قسم کا ماجرا پیش آتا ہے - اس کے سلنڈر میں پیٹرول کے بخارات مشتعل ہو کر حرارت پیدا کرتے ہیں- اور اس لیے وہ 'گرم جسم' بن جاتے ہیں - ہوا جو ان کے ساتھ موجود ہوتی ہے کارکن شے بنتی ہے اور ان سے حرارت حاصل کر کے اپنا ٹمپریچر اونچا کر لیتی ہے - پھر یہ ہوا پھیل کر اسی حرارت کا کچھ حصہ سلنڈر کے پسٹن کو دھکیلنے کے کام میں صرف کرتی اور باقی حرارت کرہ ہوائی کو دے دیتی ہے، جو اس صورت میں بھی سرد جسم ہوتا ہے -

اوپر کی تشریح سے ظاہر ہے کہ ہر حرارتی انجن میں تین بنیادی چیزوں کا ہونا ضروری ہے : (اول) اس میں ایک گرم جسم (Hot body) ہو جو اونچے ٹمپریچر پر حرارت مہیا کر سکے- (دوم) اس میں ایک سرد جسم (Cold body) ہو جو نیچے ٹمپریچر پر ہونے کے باعث حرارت حاصل کر سکے-(سوم) ایک کارکن شے (Working substance) ہو جو گرم جسم سے حرارت جذب کرے پھر اپنے پھیلاؤ کے باعث بیرونی

کام کرکے اس حرارت کا ایک حصہ اس کام میں تبدیل کر دے اور حرارت کا باقی حصہ بالآخر سرد جسم کو خارج کر دے۔ اس عمل میں کار کن شے کے ٹمپریچر میں گراؤ واقع ہوتا ہے اور حرارت کو کام میں منتقل کرنے کے لیے ٹمپریچر کا یہ گراؤ ایک ضروری شرط ہے ۔ حرارت کے صرف ایک ماخذ سے مسلسل کام کا حصول ایک نا ممکن بات ہے۔ جب تک حرارت کے دو ایسے ذخیرے نہ ہوں جن میں سے ایک اونچے ٹمپریچر پر اور دوسرا نیچے ٹمپریچر پر ہو، اس وقت تک حرارت کی کسی مقدار کو کام میں تبدیل نہیں کیا جا سکتا اور اس لیے کوئی حرارتی انجن ایک گرم جسم اور ایک ٹھنڈے جسم کے بغیر سرگرم عمل نہیں رہ سکتا۔ قدرت میں کبھی اس اصول کے خلاف عمل نہیں ہوا۔ جس سے ظاہر ہے کہ یہ قدرت کا ایک مسلمہ قانون ہے جس کی خلاف ورزی ممکن نہیں ہے۔

حرارتی انجنوں کی تفصیل سے یہ امر واضح ہو جاتا ہے کہ جب ان سے کام لیا جاتا ہے تو ان کے گرم جسم سے کار کن شے حرارت لیتی ہے اور اس کا کچھ حصہ کام میں تبدیل کرکے باقی حرارت سرد جسم کو دے دیتی ہے ، جس سے گرم جسم اور سرد جسم کے درمیان ٹمپریچر کا اختلاف کم ہو جاتا ہے۔ اس لیے حرارتی انجن سے مسلسل کام لینے کے لیے یہ ضروری ہوتا ہے کہ جب اس کے ایک دور میں ٹمپریچر کا یہ اختلاف کم ہو جائے تو اسے پہلی قیمت پر بحال کر دیا جائے۔ اس مقصد کے لیے گرم جسم میں ایندھن کے جلنے کا عمل برابر جاری رکھا جاتا ہے۔ مگر اب فرض کیجیے کہ ایک سیٹج پر پہنچ کر یہ ایندھن ختم ہو جاتا ہے۔ اس وقت انجن کچھ عرصے کے لیے چلے گا ، یہاں تک کہ اس کے گرم جسم کا ٹمپریچر کم ہو ہو کر ارد گرد کے ٹھنڈے سے ٹھنڈے ٹمپریچر کے برابر ہو جائے گا ، اس کے بعد اس انجن سے مزید کام لینا نا ممکن ہو جائے گا۔

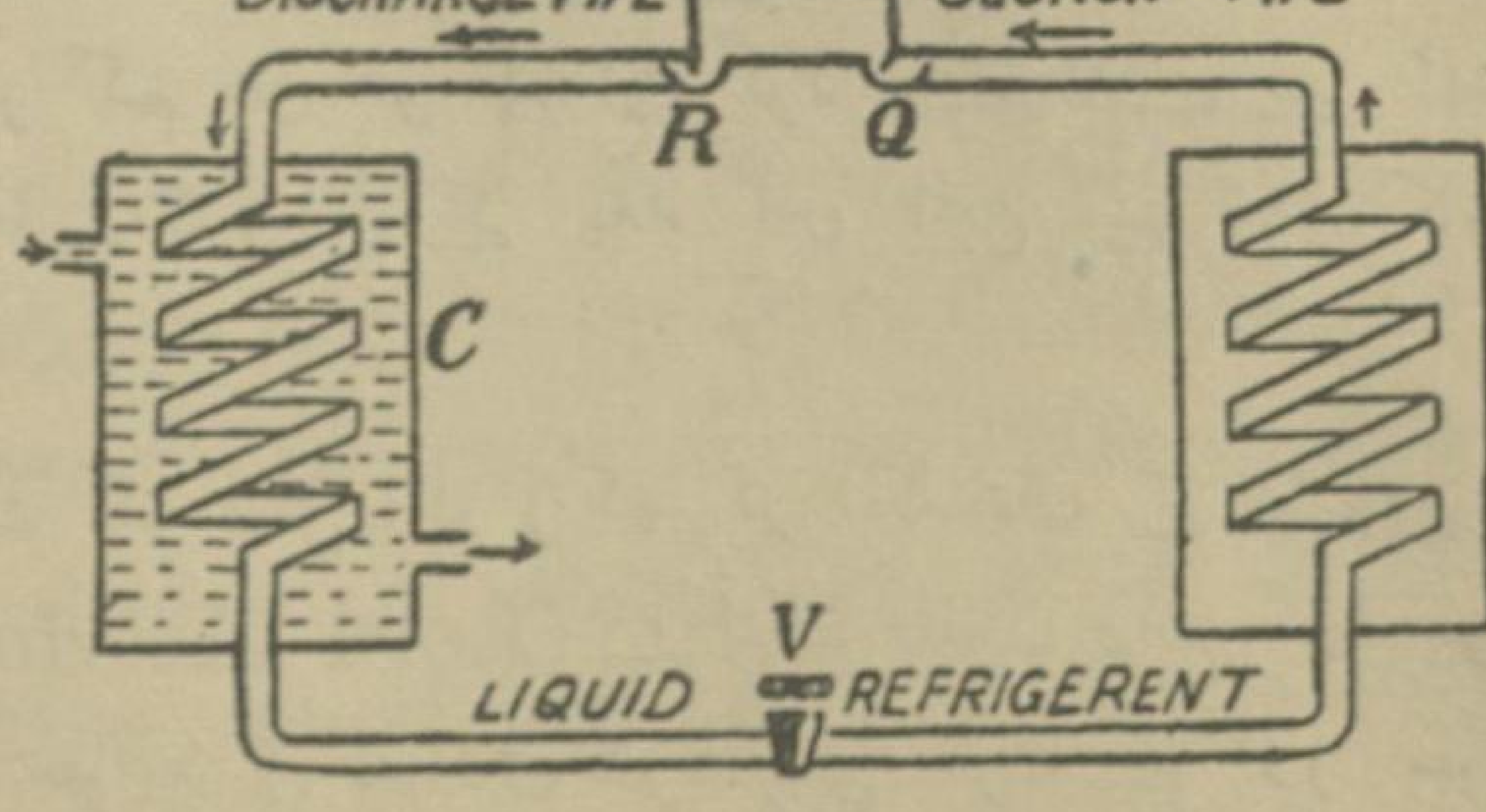
اس حقیقت کو پیش نظر رکھ کر انگلستان کے مشہور سائنس دان لارڈ کیلون (Lord Kelvin) نے ایک قانون وضع کیا جو حرارت کو کام میں منتقل ہونے کی بنیادی شرط پیش کرتا ہے اور **حرارتی حرکیات** (Thermo-dynamics) کا **دوسرا قانون** کہلاتا ہے۔

حرارتی حرکیات کا دوسرا قانون (Second law of thermo- dynamics) **(لارڈ کیلون کا بیان کردہ)** - ایک جسم کو ایسے ٹمپریچر تک ٹھنڈا کر کے جو اس کے گرد و نواح کے سرد ترین ماحول کے ٹمپریچر سے نیچے ہو، اس سے مسلسل کام لینا نا ممکن ہے -

چونکہ یہ حرارت کا ایک نہایت اہم قانون ہے ، اس لیے اسے کیلون کے اصلی انگریزی کے الفاظ میں بھی درج ذیل کیا جاتا ہے۔

"It is impossible to derive a continuous supply of work by cooling a body to a temperature lower than that of the coldest of its surroundings."

ریفریجریٹر کا اصول کار - حرارتی انجن کے بعد اب ہم ریفریجریٹر (Refrigerator) یعنی سرد کار مشین کے اصول کار کا مطالعہ کرتے ہیں ، جس کا ایک سادہ سا خاکہ نیچے دیا گیا - اس میں دو کوائل (Coils) اوپر سے ایک پمپ کے ذریعے اور نیچے سے ایک والو کے ذریعے ملے ہیں اور ان کے اندر امونیا بھری ہے - پہلا کوائل ایک برتن C میں ڈوبا ہوا ہے جس میں پانی بھرا ہے اور دوسرا کوائل ایک اور برتن E میں ڈوبا ہوا ہے جس میں نمکین پانی ڈالا ہوا ہے - جب پمپ کو چلانے کے دوران میں اس کا پسٹن نیچے آتا ہے تو پہلے کوائل کے اندر امونیا پر دباؤ پڑتا ہے اور وہ مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی ہے -



یہ مائع امونیا والو V کو کھول کر دوسرے کوائل میں لائی جا،

ہے۔ جب پمپ کا پسٹن باہر کو جاتا ہے تو دوسرے کوائل میں دباؤ کم ہو جاتا ہے اور مائع امونیا تخفیف شدہ دباؤ کے ماتحت تبخیر ہو تی ہے اور ایسا کرنے میں وہ برتن E کے نمکین پانی سے حرارت جذب کرتی ہے۔ یہی گیس امونیا پمپ کے عمل سے پہلے کوائل میں لائی جاتی ہے، جہاں پہلے کا سا عمل دھرایا جاتا ہے۔ اس عمل کو چند بار کرنے پر برتن E کے نمکین پانی کا ٹمپریچر برتن C کے پانی کے ٹمپریچر سے گر جاتا ہے مگر اس کے بعد بھی پمپ پر بیرونی کام کرنے سے حرارت ٹھنڈے نمکین پانی سے امونیا گیس کے توسط سے نسبتاً گرم پانی کی طرف مسلسل جاتی رہتی ہے۔ اس عمل میں نمکین پانی سرد جسم ہے اور عام پانی گرم جسم ہے۔ امونیا کارکن شے ہے اور پمپ بیرونی کام کرنے کا ذریعہ ہے۔ چنانچہ اس بیرونی کام کے کرنے ہی سے یہ ممکن ہوا ہے کہ حرارت سرد جسم سے گرم جسم کی طرف منتقل ہو سکے ورنہ عام حالات میں جب اس طور سے کوئی بیرونی کام نہ ہو رہا ہو تو حرارت کا بہاؤ ایک گرم جسم سے ایک سرد جسم کی طرف تو ہو سکتا ہے لیکن کسی بیرونی ایجنسی کی مدد کے بغیر حرارت کا بہاؤ ایک سرد جسم سے ایک گرم جسم کی طرف نہیں ہو سکتا۔ اس حقیقت کے پیش نظر ایک جرمن سائنس دان کلاسیئس (Claussius) نے ذیل کا قانون پیش کیا جو **حرارتی حرکیات کا دوسرا قانون** ہی کہلاتا ہے۔ کیونکہ جیسا کہ آگے ثابت کیا جائے گا یہ کیلون (Kelvin) کے بیان کردہ قانون ہی کی ایک دوسری صورت ہے۔

حرارتی حرکیات کا دوسرا قانون (Second law of Thermo-dynamics) **(کلاسیئس کا بیان کردہ)**۔ ایک خود کار مشین کے لیے یہ ناممکن ہے کہ وہ کسی بیرونی ایجنسی کی مدد کے بغیر ایک جسم سے حرارت کو ایک اور جسم کی طرف جس کا ٹمپریچر پہلے جسم سے اونچا ہو، منتقل کر سکے

یا

حرارت ایک ٹھنڈے جسم سے ایک گرم جسم کی طرف آپ سے آپ نہیں جا سکتی۔

کلاسیئس (Claussius) نے اپنا یہ قانون جرمن زبان میں پیش کیا تھا ۔ اس کا اردو ترجمہ (جو انگریزی ترجمہ سے کیا گیا ہے) اوپر بیان کیا جا چکا ہے ۔ اس کا انگریزی ترجمہ جو کیلون کے انگریزی میں بیان کردہ اصلی قانون کے ساتھ ساتھ انگریزی کی کتابوں میں ملتا ہے حسب ذیل ہے :

It is impossible for a self-acting machine unaided by an external agency, to convey heat from one body to another at a higher temperature.

or

Heat cannot of itself pass from a colder to a warmer body.

ثابت کرنا کہ کیلون کا قانون اور کلاسیئس کا قانون ، اصل میں ایک ھی قانون کے دو روپ ھیں ۔ حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے دوسرے قانون کے جو دو بیان دیے گئے ھیں اور جو انگلستان کے سائنس دان لارڈ کیلون (Lord Kelvin) اور جرمنی کے سائنس دان کلاسیئس (Claussius) کے ساتھ منسوب ھیں ، ایک دوسرے سے بظاھر الگ الگ نظر آتے ھیں ، لیکن جب ان پر غور کیا جائے تو معلوم ھو جاتا ہے کہ وہ دو علیحدہ علیحدہ قانون نہیں ھیں بلکہ ایک ھی قانون کے دو روپ ھیں ۔ اس کا ثبوت مندرجہ ذیل مثالوں سے مل سکتا ہے ۔

فرض کیجیے کہ ایک جسم کو ایسے ٹمپریچر تک ٹھنڈا کر کے ، جو اس کے گرد و نواح کے سرد ترین ماحول کے ٹمپریچر کے نیچے ہے ، اس سے مسلسل کام لینا ممکن ھو جاتا ہے جو کیلون کے بیان کردہ حرارتی حرکیات کے دوسرے قانون کی خلاف ورزی ہے ۔ تب جوں جوں یہ کام ھو رھا ھوگا حرارتی انجن کے عام اصول کے مطابق کارکن شے اس جسم سے حرارت حاصل کرے گی ۔ اس حرارت کا ایک حصہ اس کام کے کرنے میں صرف کرے گی اور باقی حرارت ماحول کو دے دے گی ۔ اب چونکہ جسم کا ٹمپریچر ماحول کے ٹمپریچر سے نیچے ہے ، اس کا مطلب

یہ ہے کہ ہم نے ایک ایسی خودکار مشین بنا لی ہے جو کسی بیرونی ایجنسی کی مدد کے بغیر ایک جسم سے (جو اس مثال میں اصلی جسم ہے) ایک اور جسم کی طرف (جو اس مثال میں مذکورہ ماحول ہے اور) جس کا ٹمپریچر پہلے سے اونچا ہے ، حرارت کو منتقل کر دیتی ہے - مگر یہ کلاسیئس کے بیان کردہ قانون کی خلاف ورزی ہے -

اب ایک اور مثال لیجیے - فرض کیجیے کہ ہم ایک ایسی خودکار مشین بنانے میں کامیاب ہو جاتے ہیں جس میں حرارت کا بہاؤ ٹھنڈے جسم سے گرم جسم کی طرف بغیر کوئی بیرونی کام کیے آپ سے آپ ہوتا ہے تو یہ کلاسیئس کے بیان کردہ قانون کی خلاف ورزی ہو گی - اس مشین میں جب حرارت کے اس بہاؤ سے ہم کوئی کام حاصل کریں گے تو یہ صورت پیدا ہو جائے گی کہ ہم ایک سرد جسم کے ٹمپریچر کو ارد گرد کے ماحول کے ٹمپریچر سے کم کر کے اس سے مسلسل کام لے رہے ہیں اور یہ کیلون کے بیان کے خلاف ہے -

اس سے ظاہر ہے کہ اگر کیلون کے بیان کو غلط قرار دیا جائے تو کلاسیئس کا بیان غلط ہو جاتا ہے اور اگر کلاسیئس کے بیان کو غلط مانا جائے تو کیلون کا بیان غلط ٹھہرتا ہے - یہ اس بات کا ثبوت ہے کہ کیلون کا بیان اور کلاسیئس کا بیان ایک ہی حقیقت کو ظاہر کرتے ہیں اور اس لیے وہ ایک ہی قانون کے دو روپ ہیں جو حرارتی حرکیات کے دوسرے قانون (Second law of thermo-dynamics) کے نام سے موسوم ہے -

حرارتی انجنوں کی کارکردگی - جب جیمز واٹ (James Watt) نے بھاپ کے انجن کی صورت میں اپنا حرارتی انجن بنایا تو اس کی کارکردگی (Efficiency) محض 5% تھی - اس کے بعد بہت سے اعلیٰ قسم کے حرارتی انجن جن میں بھاپ کے انجن ، پیٹرول کے انجن اور ڈیزل انجن بنائے گئے ، مگر ان میں سے کسی کی کارکردگی بھی عملی طور پر 50% سے اوپر نہیں بڑھ سکی - یہاں یہ سوال پیدا ہوتا ہے کہ کیا کوئی ایسی بنیادی رکاوٹ موجود ہے جس کے ماتحت کسی حرارتی انجن کی

کار کردگی ، %100 یا اس کے لگ بھگ نہیں ہو سکتی - اس کا جواب فرانس کے ایک نوجوان سائنس دان ، سادی کارنو (Sadi Carnot) نے دیا - کارنو نے ایک مثالی انجن (Ideal engine) کی خصوصیات متعین کیں اور ثابت کیا کہ اگر ہم ایک ایسا مثالی انجن بنا سکیں جو اصلی حرارتی انجنوں کی تمام خامیوں سے پاک ہو ، پھر بھی اس کی کار کردگی (Efficiency) %100 یا اس کے نزدیک کو نہیں پہنچے گی - ہاں اتنا ضرور ہوگا کہ ایسے مثالی انجن کی کار کردگی سب سے زیادہ ہوگی اور کسی اور حرارتی انجن کی کار کردگی اس مثالی انجن کی کار کردگی سے بڑھ نہیں سکے گی - کارنو کا یہ مجوزہ انجن ، جو عرف عام میں کارنو انجن (Carnot engine) کہلاتا ہے ، حقیقی طور پر بنایا نہیں جا سکتا ، کیونکہ اس کی خصوصیات ایسی ہیں جو واقعیت کا روپ نہیں اختیار کر سکتیں ، صرف اس کا تصور کیا جا سکتا ہے - لیکن اس کے باوجود کارنو انجن (Carnot engine) کی اہمیت اپنی جگہ پر مسلم ہے کیونکہ یہ ایک ایسا مثالی انجن ہے جو تمام حقیقی حرارتی انجنوں کے لیے ایک معیار کا کام دیتا ہے -

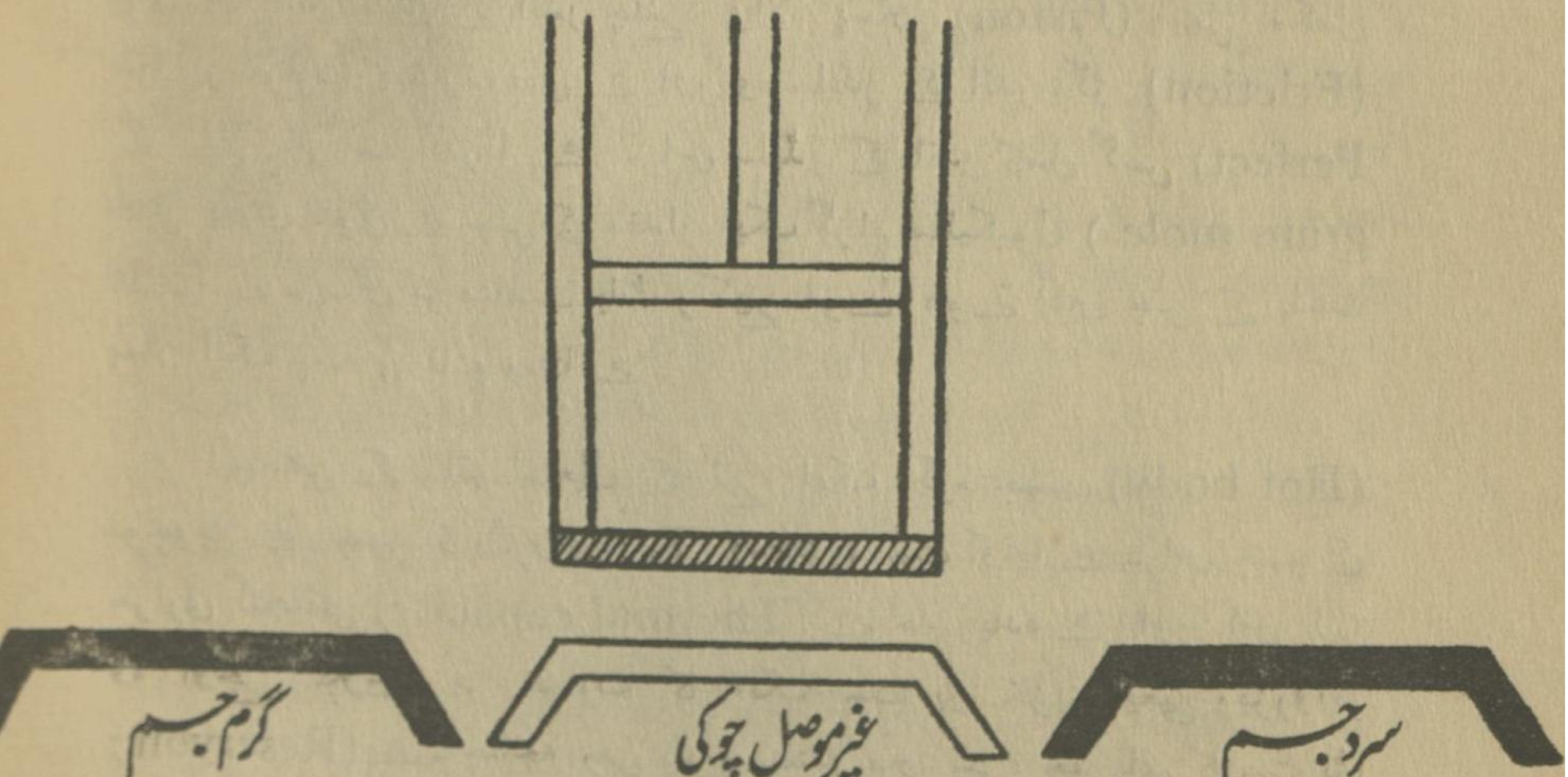
کارنو (Carnot) فرانس کے دارالسلطنت پیرس میں 1796ء پیدا ہوا - اس نے اپنے مثالی انجن پر اپنا تاریخی مقالہ 1824ء میں لکھا ، جب کہ اس کی عمر اٹھائیس سال کی تھی - لیکن یہ مقالہ اہل علم کی نظروں سے اوجھل رہا اور اس امر کا امکان بھی ہو چلا تھا کہ یہ مقالہ ہمیشہ کے لیے ضائع ہو جاتا اور اس کے ساتھ ہی کارنو کا نام بھی پردۂ گمنامی میں کھو جاتا ، لیکن 1834ء میں جب کارنو کو ، 36 سال کی جوان عمر میں فوت ہوئے دو سال ہوئے تھے ، ایک سائنس دان کلے پران (Clapeyron) نے اسے اپنے مرتب کردہ سائنسی مقالات میں شائع کیا - 1845ء میں لارڈ کیلون (Lord Kelvin) کی نظر اس مقالے پر پڑی جو اس کی افادیت کا اس درجہ قائل ہوا کہ اس نے اسے ایک عظیم سائنسی دستاویز کا درجہ دیا اور اس کی زور شور سے اشاعت کی ، جس کے بعد اب کارنو انجن کو حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) میں سنگ بنیاد کا رتبہ حاصل ہو گیا ہے -

کارنو انجن (Carnot engine) - کارنو انجن ایک سلنڈر اور ایک پسٹن (Piston) پر مشتمل ھوتا ہے - اس سلنڈر کی دیواریں حرارت کی کامل غیر موصل (Non-conductor) ھوتی ھیں ، یعنی ان میں سے حرارت بالکل نہیں گزر سکتی - اس سلنڈر کا پیندا حرارت کا کامل موصل (Perfect conductor) ہے ، یعنی اس میں حرارت پورے طور پر گزر جاتی ہے . اس سلنڈر کے اندر چلنے والا پسٹن (Piston) بھی مکمل طور پر حرارت کا غیرموصل ہے اور وہ سلنڈر کے اندر رگڑ (Friction) کے بغیر حرکت کرتا ہے - اس سلنڈر کے اندر کامل گیس (Perfect gas) بھری ھوئی ہے جس کی مقدار ایک گرام مالیکیول (-gram mole cule) ہے - پسٹن پر مناسب باٹ رکھے ھوئے ھوتے ھیں جس کے باعث پسٹن ایک جگہ پر قائم رھتا ہے -

اس انجن کے ساتھ استعمال کے لیے ایک گرم جسم (Hot body) موجود ہے جس کا ٹمپریچر T_1 (مطلق) بہت آونچا ہے - اس جسم کی حرارتی گنجائش (Thermal capacity) بے حد زیادہ ہے اور اس لیے وہ آونچے ٹمپریچر پر حرارت کا ایک بہت بڑا خزینہ یعنی ریزروائر (Reservoir) ہے - چنانچہ جس طرح سمندر میں سے ، جو پانی کا بہت بڑا خزینہ یعنی ریزروائر ھوتا ہے ، اگر پانی کا ایک گلاس بھر لیا جائے تو سمندر کا لیول (Level) عملی طور پر وھی رھتا ہے ، اسی طرح اس گرم جسم میں سے ، جو حرارت کا سمندر ہے ، اگر سلنڈر کی گیس حرارت کی کچھ مقدار جذب کر لے تو اس گرم جسم کا ٹمپریچر T_1 ھی رھتا ہے -

اسی انجن کے ساتھ استعمال کے لیے ایک سرد جسم (Cold body) بھی موجود ہے جس کا ٹمپریچر T_2 (مطلق) بہت نیچا ہے - اس جسم کی حرارتی گنجائش (Thermal capacity) بھی بے حد زیادہ ہے ، اس لیے وہ بھی نیچے ٹمپریچر پر حرارت کا ایک بہت بڑا خزینہ یعنی ریزروائر ہے - چنانچہ جب سلنڈر کی گیس اس سرد جسم کو اپنی کچھ حرارت دے دیتی ہے تو اس جسم کا ٹمپریچر بھی T_2 ھی رھتا ہے -

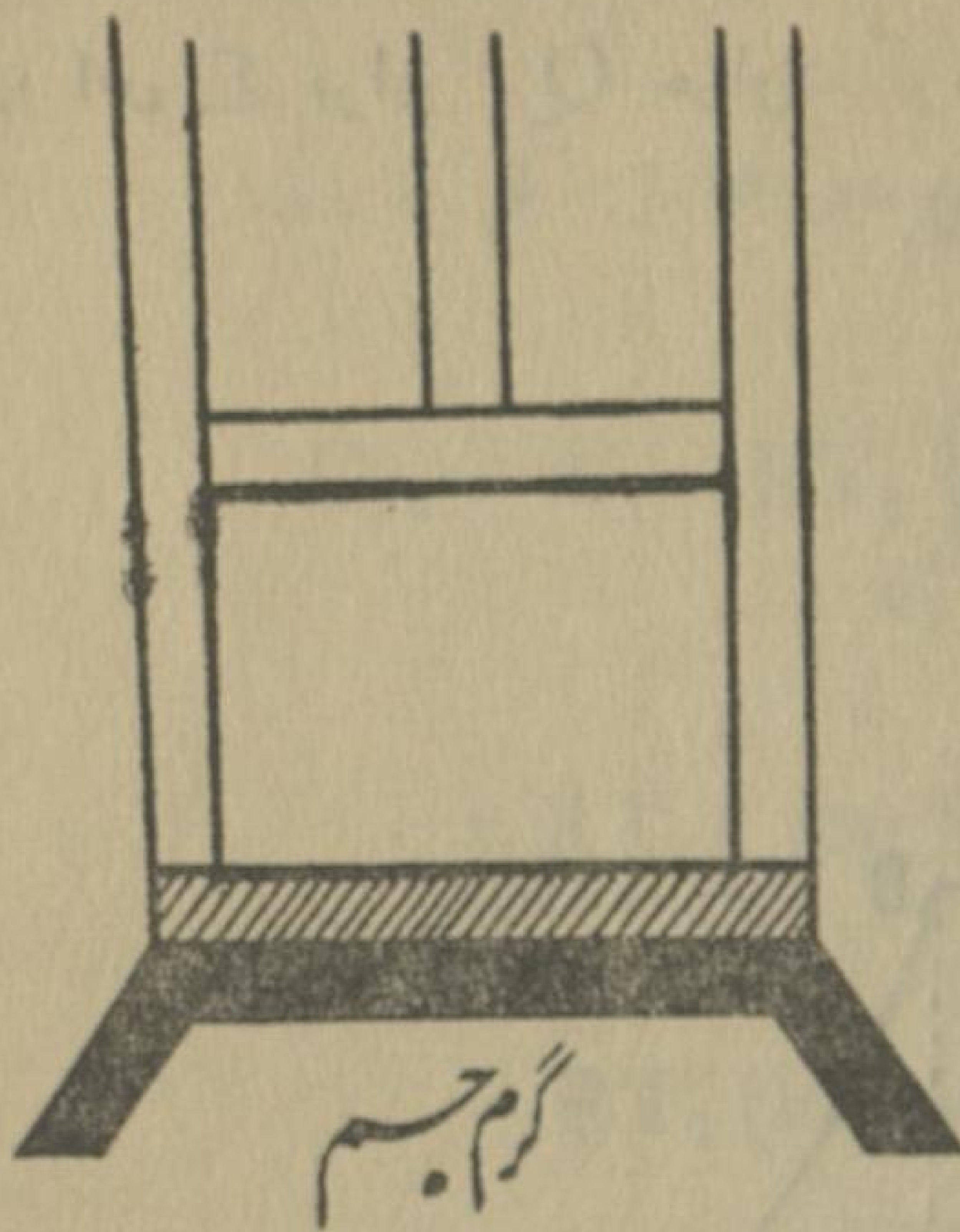
اس انجن کے ساتھ ایک علیحدہ چوکی ہے جو مکمل طور پر غیر موصل (Non-conducting) ہے - چنانچہ جب سلنڈر کے پیندے کو اس چوکی پر رکھ دیا جاتا ہے تو چونکہ سلنڈر کی دیواریں پہلے ہی کامل غیر موصل ہوتی ہیں اور پیندے کے نیچے یہ غیر موصل چوکی آ جاتی ہے ، اس لیے اس حالت میں سلنڈر کے اندر کی گیس حرارت کے



نقطۂ نظر سے ہر طرف سے کٹ جاتی ہے اور اس کے حجم کی تبدیلی جو اس حالت میں ہوتی ہے ، وہ حرارت ناگزار (Adiabatic) ہوتی ہے -

اس انجن سے مسلسل کام لینے کے لیے اس کے اندر کی گیس کو جو کار کن شے (Working substance) ہوتی ہے ، مندرجہ ذیل دور (Cycle) میں سے گزرنا پڑتا ہے جسے کارنو انجن کے نام کی مناسبت سے **کارنو دور** (Carnot cycle) کہتے ہیں -

پہلی سٹیج - سلنڈر کو گرم جسم پر رکھو اور اس کے پسٹن پر سے چھوٹا سا باٹ اٹھا کر گیس کو پھیلنے دو - چونکہ سلنڈر کا پیندا حرارت کا کامل موصل (Perfect conductor) ہے ، اس لیے گرم جسم

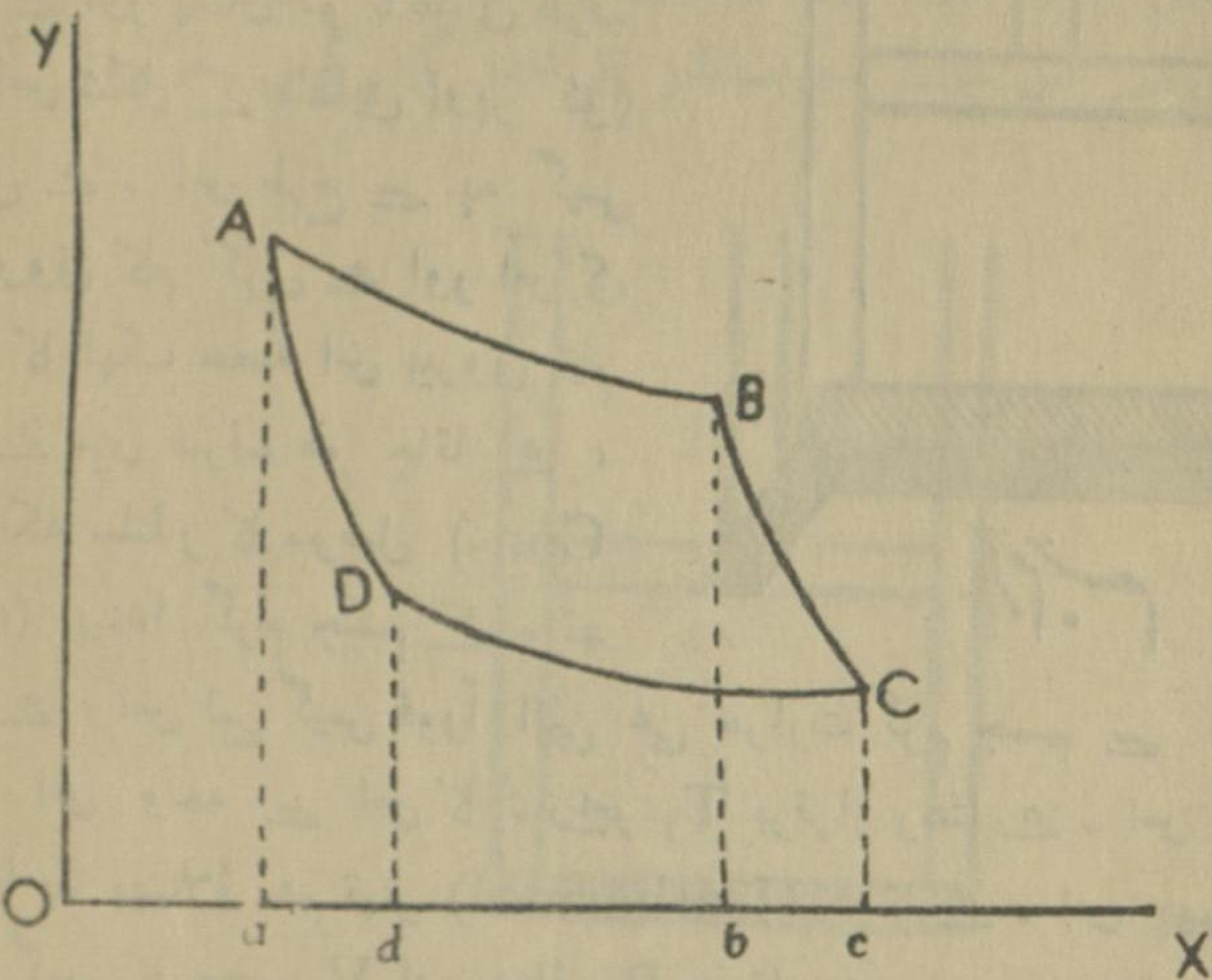


سے حرارت لے کر سلنڈر کی گیس کا ٹمپریچر T_1 ہو جاتا ہے جو گرم جسم کا ٹمپریچر ہے ۔ سلنڈر کی یہ گیس پھیلتی ہے اور پسٹن کو باہر کی طرف (یعنی اس شکل کے مطابق اوپر کو) دھکیلتی ہے ۔ اس طرح سے یہ گیس ایک بیرونی کام کرتی ہے اور اس کی حرارت کا ایک حصہ اس بیرونی کام کے کرنے میں صرف ہو جاتا ہے ، مگر چونکہ سلنڈر کا موصل (Conductor) پیندا گرم جسم کے ساتھ لگا ہوا ہے ، اس لیے گیس فوراً اتنی ہی حرارت گرم جسم سے لیے جاتی ہے اور اس وجہ سے اس کا ٹمپریچر T_1 برقرار رہتا ہے ۔ اس لحاظ سے حرارت کا یہ پھیلاؤ ہم تپش (Isothermal) ہوتا ہے ۔ اس پھیلاؤ کے آغاز میں گیس کا حجم V_1 اور دباؤ P_1 ہوتا ہے اور پھیلاؤ کے بعد گیس کا حجم بڑھ کر V_2 اور اس کا دباؤ گھٹ کر P_2 ہو جاتا ہے ۔ اس پھیلاؤ کے دوران میں گیس کام W_1 سرانجام دیتی ہے اور اس کے برابر حرارت Q_1 گرم جسم سے جذب کرتی ہے ۔

اگلے صفحے پر گراف میں X — محور یعنی OX کے ساتھ حجم کو اور Y — محور یعنی OY کے ساتھ دباؤ کو ظاہر کیا گیا ہے ۔ چنانچہ اس گراف پر نقطہ A گیس کی اس حالت کو ظاہر کرتا ہے جب اس کا حجم V_1 ، اس کا دباؤ P_1 اور اس کا ٹمپریچر T_1 ہے ۔ جوں جوں یہ گیس پھیلتی ہے اور کام کرتی ہے ، اس کا حجم بڑھتا اور اس کا دباؤ گھٹتا جاتا ہے ، مگر اس کا ٹمپریچر (گرم جسم کے ساتھ لگا رہنے کے باعث) T_1 پر ہی رہتا ہے ، یہاں تک کہ اس کا حجم V_2 اور اس کا دباؤ P_2 ہو جاتا ہے اور اس کی یہ حالت نقطہ B کے مطابق ہو جاتی ہے ۔ اس لحاظ سے خط AB ٹمپریچر T_1 کا ہم تپش خط (Isothermal) ہے جو گیس کے پھیلاؤ کی مذکورہ تبدیلی کو ظاہر کرتا ہے ۔

اب چونکہ اس تبدیلی کے دوران میں گیس نے W_1 کام کیا ہے اور اس کے برابر Q_1 حرارت گرم جسم سے حاصل کی ہے اس لیے

$$Q_1 = W_1$$



اگر گیس کا حجم بہت قلیل سا یعنی بقدر dv کے بڑھے اور اس کے نتیجے میں وہ بہت قلیل سا کام dW کرے تو جیسا کہ پہلے بھی تشریح کی جا چکی ہے

$$dW = Pdv$$

موجودہ صورت میں گیس V_1 سے V_2 تک پھیلتی ہے اور W_1 کام کرتی ہے ، اس لیے W_1 کی قیمت Pdv پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے معلوم کی جا سکتی ہے - جب اس کے حدود V_1 اور V_2 ہوں

$$\therefore \quad Q_1 = W_1 = \int_{V_1}^{V_2} Pdv$$

$$\because \quad PV = RT_1$$

کیونکہ اس خاص صورت میں ٹمپریچر T_1 ہے

$$\therefore \qquad P=\frac{RT_1}{V}$$

P کی قیمت کو اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$Q_1=W_1=RT_1\int_{V_1}^{V_2}\frac{dv}{V}$$

$$=RT_1\Big[\log V\Big]_{V_1}^{V_2}$$

$$=RT_1\,[\log V_2-\log V_1]$$

$$=RT_1\log\frac{V_2}{V_1}$$

شکل میں A سے Aa اور B سے Bb عمود OX کھینچو ۔ تب جیسا کہ

شکل سے ظاہر ہے - $\int_{V_1}^{V_2} Pdv$ رقبہ $ABbaA$ کے برابر ہے۔

$$\therefore \qquad Q_1=W_1=RT_1\log\frac{V_2}{V_1}$$

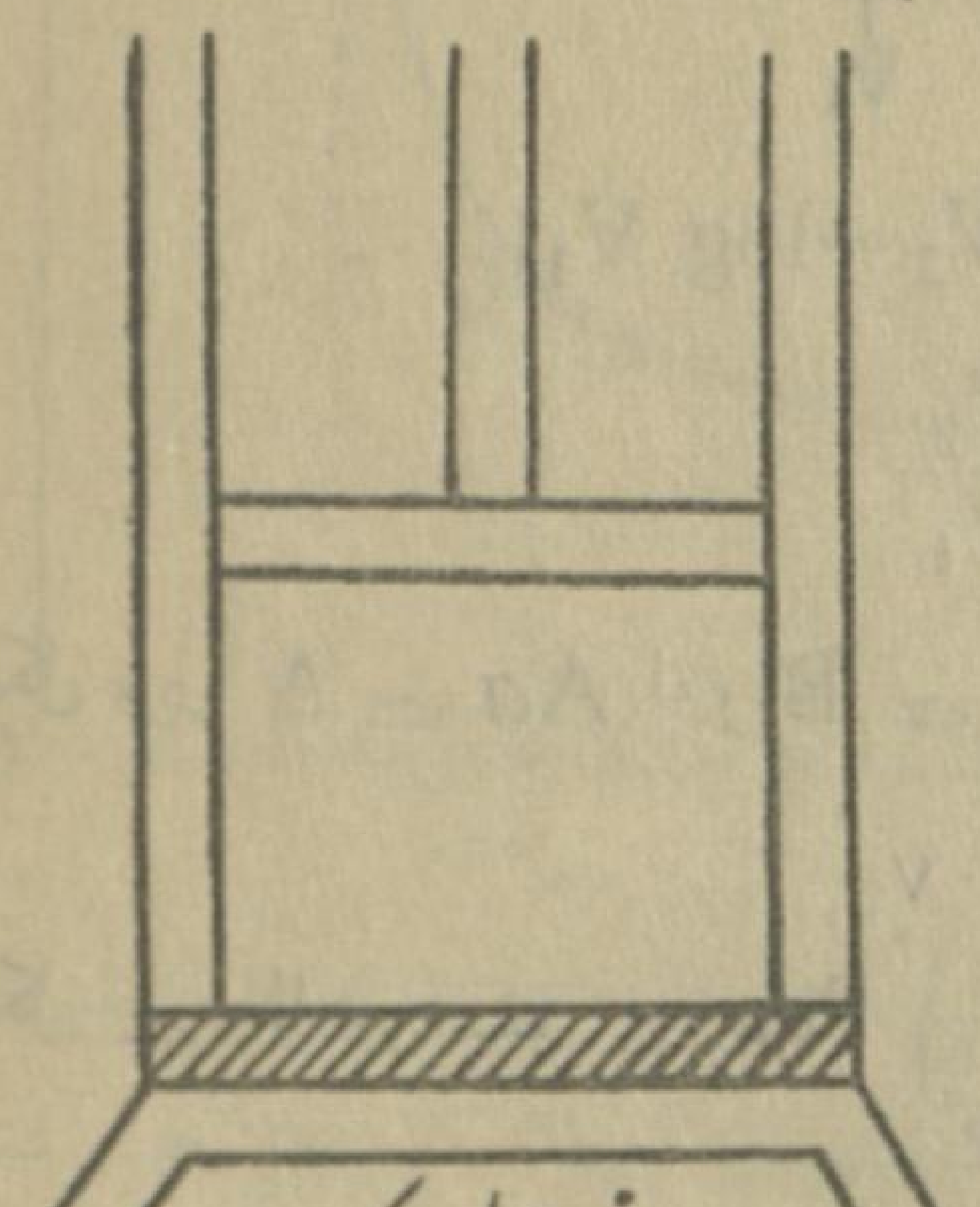
$$=ABbaA \text{ رقبہ}$$

اوپر کی تشریح کے مطابق کارنو انجن کے دور (Cycle) کا پہلا حصہ، جسے اس انجن کا پہلا جھٹکا (First stroke) کہا جا سکتا ہے ، ایک هم تپش پھیلاؤ (Isothermal expansion) پر مشتمل ہے جس کے دوران میں اس انجن کی کارکن گیس Q_1 کے برابر حرارت جذب کرتی ہے اور W_1 کام سرانجام دیتی ہے جو رقبہ $ABbaA$ کے برابر ہے۔

دوسری سٹیج ۔ سلنڈر کو اٹھا کو غیر موصل چوکی پر رکھو جس سے سلنڈر کے اندر کی گیس حرارت کے نقطۂ نظر سے ارد گرد سے

مکمل طور پر کٹ جائے اور اس کے پسٹن پر سے ایک اور چھوٹا سا باٹ آٹھا لو - سلنڈر کی گیس اب مزید پھیلتی ہے اور پسٹن کو باہر کی طرف دھکیل کر بیرونی کام W_3 کرتی ہے - اس بیرونی کام W_3 کے سرانجام دینے کے لیے اس کے برابر حرارت کی ضرورت ہوتی ہے جو اب گیس کی اندرونی توانائی ہی سے آتی ہے اور اس وجہ سے گیس کا ٹمپریچر گرتا جاتا ہے - گیس کو اس طرح حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) پھیلنے دو ، یہاں تک کہ اس کا ٹمپریچر گر کر T_2 ہو جائے -

اس پھیلاؤ کے دوران میں گیس کا حجم V_2 سے مزید پھیل کر V_3 ہو جاتا ہے اور اس کا دباؤ P_2 سے مزید گر کر P_3 ہو جاتا ہے - شکل میں نقطہ B تو اس حالت کو ظاہر کر رہا ہے جب گیس کا حجم V_2 ، اس کا دباؤ P_2 اور اس کا ٹمپریچر T_1 ہوتا ہے - اور نقطہ C اس حالت کو ظاہر کرتا ہے جب حرارت ناگزار تبدیلی (Adiabatic change) کے بعد اس کا حجم V_3 ، اس کا دباؤ P_3 اور اس کا ٹمپریچر گر کر T_2 ہو جاتا ہے -



غیر موصل چوکی

اس لحاظ سے خط BC اس تبدیلی کو ظاہر کرنے والا حرارت ناگزار خط (Adiabatic) ہے - اب چونکہ اس تبدیلی کے دوران میں گیس نے اپنی اندرونی توانائی کو خرچ کر کے W_3 کام کیا ہے ، اس لیے

$$W_3 = \int_{V_2}^{V_3} P\,dv$$

چونکہ P اور V کے درمیان یہ ایک حرارت ناگزار (Adiabatic) تبدیلی ہے ، اس لیے

$$PV^{\gamma} = K$$

جب K ایک مستقل ہے

$$\therefore \quad P=\frac{K}{V^{\gamma}}$$

$$\therefore \quad W_2=\int_{V_2}^{V_3}\frac{K}{V^{\gamma}}dv=-\frac{K}{\gamma-1}\left[\frac{1}{V^{\gamma-1}}\right]_{V_2}^{V_3}$$

یا
$$W_2=-\frac{K}{\gamma-1}\left[\frac{1}{V_3^{\gamma-1}}-\frac{1}{V_2^{\gamma-1}}\right]$$

یا
$$W_2=-\frac{K}{(\gamma-1)V_3^{\gamma-1}}+\frac{K}{(\gamma-1)V_2^{\gamma-1}}$$

یا
$$W_2=\frac{K}{(\gamma-1)V_2^{\gamma-1}}-\frac{K}{(\gamma-1)V_3^{\gamma-1}}$$

$$\because \quad P_2V_2^{\gamma}=K \quad , \quad P_3V_3^{\gamma}=K$$

اس لیے K کی ان قیمتوں کو آوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$W_2=\frac{P_2V_2^{\gamma}}{(\gamma-1)V_2^{\gamma-1}}-\frac{P_3V_3^{\gamma}}{(\gamma-1)V_3^{\gamma-1}}$$

$$\therefore \quad W_2=\frac{P_2V_2}{\gamma-1}-\frac{P_3V_3}{\gamma-1}$$

چونکہ P_2 اور V_2 کی حالت کا ٹمپریچر T_1 ہے اور P_3 اور V_3 کی حالت کا ٹمپریچر T_2 ہے

$$\therefore \quad P_2V_2=RT_1$$
$$P_3V_3=RT_2$$

اسے آوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$W_2=\frac{RT_1}{\gamma-1}-\frac{RT_2}{\gamma-1}$$

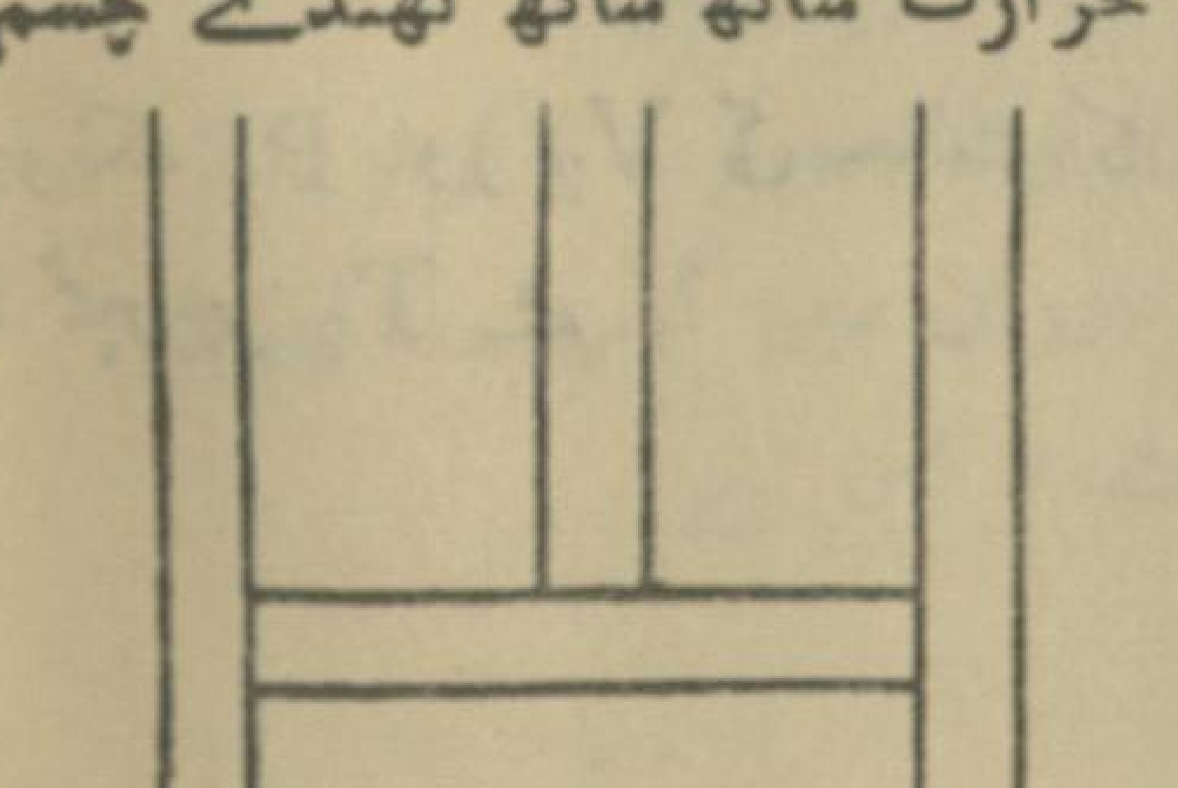
$$\therefore \quad W_2=\frac{R(T_1-T_2)}{\gamma-1}$$

شکل میں C سے Cc عمود OX پر گراؤ، تب جیسا کہ پہلے وضاحت کی جا چکی ہے، اس شکل میں رقبہ BCcbB کام W_3 کو ظاہر کرتا ہے

$$\therefore \quad W_3 = \frac{R(T_1 - T_2)}{\gamma - 1} = \text{BCcbB رقبہ}$$

مذکورہ بالا تشریح کے مطابق کارنو انجن کے دور (Cycle) کا یہ دوسرا حصہ، جسے اس انجن کا دوسرا جھٹکا (Second stroke) کہا جا سکتا ہے، ایک حرارت ناگزار پھیلاؤ (Adiabatic expansion) پر مشتمل ہے جس کے دوران میں انجن کی کارکن گیس W_3 کام سرانجام دیتی ہے جو شکل میں BCcbB کے برابر ہے۔ اس کام میں وہ اپنی ہی اندرونی توانائی، جو اس کام کے برابر ہوتی ہے، صرف کرتی ہے جس سے اس کا ٹمپریچر T_1 سے T_2 تک گر جاتا ہے۔

تیسری سٹیج - سلنڈر کو اب غیر موصل چوکی پر سے اٹھا کر سرد جسم (Cold body) پر رکھو جس کا اپنا ٹمپریچر T_2 ہے، یعنی بالکل اتنا ہے جتنا اس حالت میں گیس کا ہے۔ سلنڈر کے پسٹن پر چھوٹا سا باٹ رکھ کر اسے آہستہ آہستہ اندر کی طرف جانے دو، یعنی دوسرے لفظوں میں اس پر تھوڑا سا بیرونی کام ہونے دو۔ ایسا کرنے سے گیس دبتی ہے اور اس میں اس بیرونی کام کے برابر حرارت پیدا ہوتی ہے، مگر چونکہ گیس کے سلنڈر کا پیندا حرارت کا کامل موصل ہے اور وہ سرد جسم کے اوپر پڑا ہے، اس لیے یہ حرارت ساتھ ساتھ ٹھنڈے جسم میں چلی جاتی ہے جس کی وجہ سے گیس کا ٹمپریچر T_2 ہی رہتا ہے۔ گیس کے دبنے سے اس کا حجم گھٹتا گھٹتا بالآخر V_3 سے V_4 ہو جاتا ہے اور اس کا دباؤ بڑھتا بڑھتا P_3 سے P_4 ہو جاتا ہے۔ گیس کے حجم اور دباؤ کی یہ تبدیلی چونکہ ایک ہی ٹمپریچر T_2 پر ہوتی ہے، اس لیے یہ تبدیلی ایک ہم تپش تبدیلی (Isotnermal change) ہے۔ شکل میں نقطہ D



ٹھنڈا جسم

گیس کی اس حالت کو ظاہر کرتا ھے جب دبنے کے بعد اس کا حجم گھٹ گھٹ کر V_4 اور اس کا دباؤ بڑھ بڑھ کر P_4 ہو جاتا ھے ، اس لیے خط CD ایک هم تپش خط (Isothermal) ھے جو اس تبدیلی کو ظاہر کرتا ھے ۔ اس تبدیلی کے دوران میں بیرونی کام W_2 گیس پر ہوتا ھے اور اس کے برابر حرارت Q_2 گیس میں پیدا ہوتی ھے جس کو گیس فوراً ٹھنڈے جسم کو دے دیتی ھے ۔

جیسا کہ پہلی سٹیج میں تفصیل بیان کی گئی ھے

$$Q_2 = W_2 = -\int_{V_3}^{V_4} P\,dv$$

کام کے لیے منفی علامت اس لیے دی گئی ھے کیونکہ یہ کام گیس نے نہیں کیا ، بلکہ گیس پر کیا گیا ھے ۔

$$\because \quad PV = RT_2$$

کیونکہ اس خاص صورت میں ٹمپریچر T_2 ھے

$$\therefore \quad P = \frac{RT_2}{V}$$

P کی اس قیمت کو اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$Q_2 = W_2 = -RT_2 \int_{V_3}^{V_2} \frac{dv}{V}$$

$$= -RT_2 \left[\log V\right]_{V_3}^{V_4}$$

$$= -RT_2 \left[\log V_4 - \log V_3\right]$$

$$= RT_2 \left[\log V_3 - \log V_4\right]$$

$$\therefore \quad Q_2 = W_2 = RT_2 \log \frac{V_3}{V_4}$$

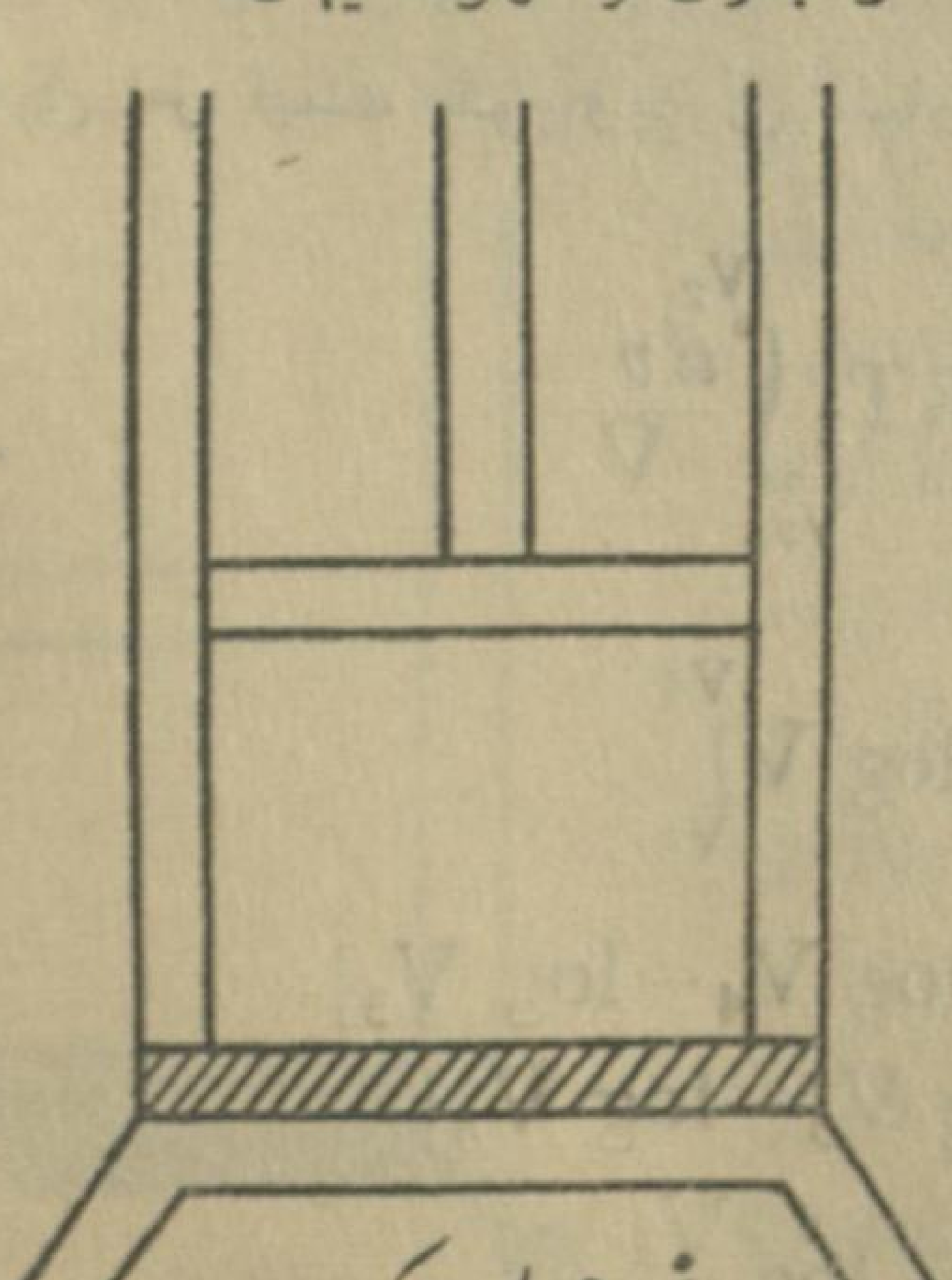
شکل میں D سے Dd عمود OX پر کھینچو - تب یہ کام W_2 رقبہ $CDdcC$ کے برابر ہے -

$$\therefore \quad Q_2 = W_2 = RT_2 \log \frac{V_3}{V_4}$$

$$= CDdcC \text{ رقبہ}$$

مذکورہ بالا تشریح کے مطابق کارنو انجن کے دور (Cycle) کا یہ تیسرا حصہ ، جسے اس انجن کا تیسرا جھٹکا (Third stroke) کہا جا سکتا ہے ، ایک ہم تپش سکڑاؤ (Isothermal contraction) پر مشتمل ہے جس کے دوران میں اس انجن کی کارکن گیس پر W_2 بیرونی کام ہوتا ہے اور یہ گیس اس کام کے برابر حرارت Q_2 (جو رقبہ $CDdcC$ کے برابر ہے) ٹھنڈے جسم (Cold body) کو دے دیتی ہے -

چوتھی سٹیج - سلنڈر کو اب اٹھا کر پھر غیر موصل چوکی پر رکھو جس سے سلنڈر کے اندر کی گیس حرارت کے نقطہ نظر سے ارد گرد سے مکمل طور پر کٹ جائے - سلنڈر کے پسٹن پر مزید چھوٹا سا باٹ رکھو اور اس طرح اس پر بیرونی کام کر کے آہستے اندر کو دباؤ - ایسا کرنے سے گیس میں اس بیرونی کام کے برابر حرارت پیدا ہوتی ہے جو گیس کے اندر ہی رہتی ہے جس کی وجہ سے اس کا ٹمپریچر بڑھتا جاتا ہے - پسٹن کے دبانے کے اس عمل کو جاری رکھو ، یہاں تک کہ گیس کا ٹمپریچر بڑھ کر T_1 ہو جائے - یہ ایک حرارت ناگزار تبدیلی (Adiabatic change) ہے جس کے خاتمے پر جب گیس کا ٹمپریچر T_1 ہو جاتا ہے تو اس کا حجم مزید کم ہو کر V_4 سے V_1 ہو جاتا ہے اور اس کا دباؤ مزید بڑھ کر P_4 سے P_1 ہو جاتا ہے جس کا مطلب یہ ہے کہ کارکن گیس اپنے حجم ، اپنے دباؤ اور اپنے ٹمپریچر کے لحاظ سے اپنی پہلی حالت پر ، جو نقطہ A سے ظاہر ہے ،



دوبارہ آ جاتی ہے اور کارنو دور (Carnot cycle) پورا ہو جاتا ہے۔ چونکہ D سے A تک کی یہ تبدیلی ایک حرارت ناگزار تبدیلی ہے اس لیے شکل میں خط DA ایک حرارت ناگزار خط (Adiabatic) ہے۔ اگر اس تبدیلی کے دوران میں گیس پر کیا ہوا کام W_4 ہو تو

$$W_4 = -\int_{V}^{V_1} P dv$$

اس کام کو منفی علامت اس لیے دی گئی ہے کیونکہ یہ کام گیس پر باہر سے ہوا ہے۔

$$\because \quad PV^{\gamma} = K$$

$$\therefore \quad P = \frac{K}{V^{\gamma}}$$

$$\therefore \quad W_4 = -\int_{V_4}^{V_1} \frac{K}{V^{\gamma}} dv = \int_{V_1}^{V_4} \frac{K}{V^{\gamma}} dv$$

$$= -\frac{K}{\gamma - 1}\left[\frac{1}{V^{\gamma-1}}\right]_{V_1}^{V_4}$$

$$= -\frac{K}{\gamma-1}\left[\frac{1}{V_4^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_1^{\gamma-1}}\right]$$

$$= \frac{K}{(\gamma-1)V_1^{\gamma-1}} - \frac{K}{(\gamma-1)V_4^{\gamma-1}}$$

$$\because \quad = P_1V_1^{\gamma} = K \qquad ; \qquad P_4V_4^{\gamma} = K$$

اس لیے K کی ان قیمتوں کو اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$W_4 = \frac{P_1V_1^{\gamma}}{(\gamma-1)V_1^{\gamma-1}} - \frac{P_4V_4^{\gamma}}{(\gamma-1)V_4^{-1}}$$

یا $$W_4 = \frac{P_1V_1}{\gamma-1} - \frac{P_4V_4}{\gamma-1}$$

چونکہ P_1 اور V_1 کی حالت کا ٹمپریچر T_1 ہے اور P_4 اور V_4 کی حالت کا ٹمپریچر T_2 ہے

$$\therefore \quad P_1V_1 = RT_1$$
$$P_4P_4 = RT_2$$

اسے آوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$W_4 = \frac{RT_1}{\gamma-1} - \frac{RT_2}{\gamma-1}$$

$$\therefore \quad W_4 = \frac{R(T_1 - T_2)}{\gamma - 1}$$

شکل میں رقبہ $DdaAD$ اس کام W_4 کو ظاہر کرتا ہے

$$\therefore \quad W_4 = \frac{R(T_1 - T_2)}{\gamma - 1} = DdaAD \text{ رقبہ}$$

مذکورہ بالا تشریح کے مطابق کارنو انجن کے دور (Cycle) کا یہ چوتھا حصہ ، جسے اس انجن کا چوتھا جھٹکا (Fourth stroke) کہا جا سکتا ہے ، ایک حرارت نا گزار سکڑاؤ (Adiabatic compression) پر مشتمل ہے جس کے دوران میں انجن کی کارکن گیس پر W_4 بیرونی کام ہوتا ہے جو شکل میں رقبہ $DdaAD$ سے ظاہر ہے ۔ اس بیرونی کام سے جو حرارت اس کام کے برابر پیدا ہوتی ہے وہ گیس کے اندر ہی رہتی ہے جس کے باعث گیس کا ٹمپریچر T_2 سے بڑھ کر T_1 ہو جاتا ہے ۔ علاوہ ازیں اس سکڑاؤ کے باعث گیس کا حجم گھٹ کر V_1 ہو جاتا ہے اور اس کا دباؤ بڑھ کر P_1 ہو جاتا ہے ۔ اس لحاظ سے گیس اپنے ابتدائی حجم V_1 ، اپنے ابتدائی دباؤ P_1 اور اپنے ابتدائی ٹمپریچر T_1 کو پہنچ جاتی ہے اور اس کی حالت وہی ہو جاتی ہے جو شکل میں نقطہ A سے ظاہر ہے اور جہاں سے کارنو انجن کے اس دور کا آغاز ہوا تھا ۔ اس طرح کارنو انجن کا ایک پورا دور ختم ہو جاتا ہے اور چونکہ اس

دور کے خاتمے پر گیس کامل طور پر اپنی پہلی حالت پر لوٹ آتی ہے، اس لیے یہ دور **ایک مکمل رجعت پذیر دور** **(Reversible cycle)** ہوتا ہے۔

نوٹ ۔ کارنو انجن کے ایک دور کی اس تفصیل سے ایک خیال پیدا ہوتا ہے کہ اس دور کے تیسرے حرارت نا گزار (Adiabatic) جھٹکے میں، جو شکل میں CD سے ظاہر ہے، نقطہ D تو کہیں بھی لیا جا سکتا ہے ۔ اب اگر یہ نقطہ D موجودہ جگہ سے ذرا ورے یا ذرا پرے لیا جائے اور وہاں سے چوتھا ہم تپش (Isothermal) جھٹکا شروع کیا جائے تو اس آخری جھٹکے کا خاتمہ نقطہ A پر نہیں ہوگا، بلکہ اس سے ذرا ادھر یا ذرا اُدھر ہوگا اور اس وجہ سے کارنو انجن کا پورا دور کامل رجعت پذیر (Reversible cycle) نہیں رہے گا ۔ اس حالت میں نقطہ D کا صحیح تعین کیونکر کیا جائے جس سے آخری جھٹکے کا خاتمہ عین نقطہ A پر ہو جائے ۔ اس کے لیے اصل تجربہ کرنے سے پہلے ایک **اُلٹا عمل** کیا جاتا ہے، یعنی جب گیس A حالت میں ہوتی ہے اور اس کا حجم V_1 اور دباؤ P_1 ہوتا ہے تو سلنڈر کو غیر موصل چوکی پر رکھ کر اس پر سے دباؤ کو آہستہ آہستہ گھٹایا جاتا ہے جس سے وہ حرارت نا گزار طریقے (Adiabaticaliy) سے پھیلتی ہے اور اس کا ٹمپریچر گرتا ہے، یہاں تک کہ یہ ٹمپریچر T_2 کے برابر ہو جاتا ہے ۔ اس وقت اس کا حجم V_4 اور اس کا دباؤ P_4 نوٹ کر لیے جاتے ہیں جو نقطہ D کو ظاہر کرتے ہیں ۔ اس کے بعد اصل تجربہ شروع کر دیا جاتا ہے ۔ چنانچہ اس کے تیسرے ہم تپش (Isothermal) جھٹکے میں جب گیس کا حجم V_4 اور اس کا دباؤ P_4 ہو جاتا ہے اور اس طرح اس کی حالت نقطہ D کو پہنچ جاتی ہے تو اس پر چوتھے اور آخری حرارت نا گزار (Adiabatic) کا عمل ہونے دیا جاتا ہے ۔ اس طرح اس جھٹکے کے خاتمے پر گیس کی حالت بعینہ وہی ہو جاتی ہے جو A سے ظاہر ہے اور کارنو انجن کا پورا دور (Cycle) کامل رجعت پذیر (Reversible) ہو جاتا ہے ۔

کارنو انجن کے ایک دور میں کیا ہوا کام - کارنو انجن کے ایک مکمل دور (Cycle) کی جو تفصیل اوپر دی گئی ہے اس کے مطابق پہلے جھٹکے میں گیس Q_1 حرارت جذب کرتی ہے اور اس کے برابر W_1 کام کرتی ہے (جو شکل میں $ABbaA$ سے ظاہر ہے)۔ دوسرے جھٹکے میں گیس حرارت تو کچھ جذب نہیں کرتی البتہ اپنی اندرونی توانائی کو صرف کر کے W_3 کام کرتی ہے (جو شکل میں $BCcbB$ سے ظاہر ہے)۔ تیسرے جھٹکے میں گیس پر W_2 کام ہوتا ہے (جو شکل میں $DCcdD$ سے ظاہر ہے) اور اس کے برابر حرارت Q_2 اس میں پیدا ہوتی ہے جسے وہ فوراً خارج کر کے ٹھنڈے جسم کو دیتی ہے۔ چوتھے جھٹکے میں گیس پر W_4 کام ہوتا ہے (جو شکل میں $DAadD$ سے ظاہر ہے) اور اس کے برابر گیس کی اندرونی توانائی بڑھ جاتی ہے۔ اس تفصیل سے معلوم ہو جاتا ہے کہ پورے دور میں کارنو انجن کا کیا ہوا کام

$$=W_1+W_3-W_2-W_4$$

$$=ABbaAB \text{ رقبہ } + BCbcBC \text{ رقبہ } - CDdcC \text{ رقبہ } - DAadD \text{ رقبہ }$$

$$=ABCD \text{ رقبہ } = W$$

علاوہ ازیں یہ بھی ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$W_3=\frac{R(T_1-T_2)}{\gamma-1}$$

$$W_4=\frac{R(T_1-T_2)}{\gamma-1}$$

$$\therefore \quad W_3=W_4$$

یا $W_3-W_4=0$

اس وجہ سے ایک پورے دور میں کارنو انجن کا کیا ہوا کام

$$=W_1-W_2$$

$$=RT_1\log\frac{V_1}{V_2}-RT_2\log\frac{V_3}{V_4}$$

$$=ABCD \text{ رقبہ }$$

یہ کام کار کن گیس کی جذب شدہ کل حرارت کے برابر ہے ۔ اس لیے یہ کام

$$=Q_1-Q_2$$

جب کہ Q_1 اور Q_2 کو کام کی اکائیوں میں ظاہر کیا جائے -

کارنو انجن کی کارکردگی - کسی حرارتی انجن کی کارکردگی (Efficiency) سے وہ نسبت مراد ہوتی ہے جو کام میں منتقل ہونے والی حرارت اور کل جذب شدہ حرارت میں پائی جاتی ہے - کارنو انجن اپنے ایک مکمل دور میں کل حرارت Q_1 جذب کرتا ہے - اس کل حرارت Q_1 میں سے وہ Q_2 حرارت تو سرد جسم کو خارج کرتا ہے اور باقی حرارت جو ان دونوں کے فرق یعنی Q_1-Q_2 کے برابر ہوتی ہے ، وہ کام میں منتقل کر دیتا ہے - اس لیے اگر اس کی کارکردگی (Efficiency) η ہو تو

$$\eta=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}$$

کارنو انجن کی کارکردگی کو گرم جسم کے ٹمپریچر T_1 اور سرد جسم کے ٹمپریچر T_2 میں ظاہر کرنا - جیسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ہے

$$Q_1=W_1=RT_1\log\frac{V_2}{V_1}$$

$$Q_2=W_2=RT_2\log\frac{V_3}{V_4}$$

$$\therefore\quad \frac{Q_2}{Q_1}=\frac{RT_2\log\frac{V_3}{V_4}}{RT_1\log\frac{V_2}{V_1}}$$

یا

$$\frac{Q_2}{Q_1}=\frac{T_2\log\frac{V_3}{V_4}}{T_1\log\frac{V_2}{V_1}}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

کارنو انجن کی نمائندہ شکل میں چونکہ نقطہ B (جہاں گیس کا حجم V_2

اور دباؤ P_2 ہے) اور نقطہ C (جہاں گیس کا حجم V_3 اور دباؤ P_3 ہے) ایک ہی حرارت نا گزار (Adiabatic) پر واقع ہیں ، اس لیے

$$P_2V_2^{\gamma}=P_3V_3^{\gamma}\ldots\ldots\ \ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

چونکہ نقطہ D (جہاں گیس کا حجم V_4 اور دباؤ P_4 ہے) اور نقطہ A (جہاں گیس کا حجم V_1 اور دباؤ P_1 ہے) ایک ہی حرارت نا گزار خط (Adiabatic) پر واقع ہیں ، اس لیے

$$P_4V_4^{\gamma}=P_1V_1^{\gamma}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(iii)$$

چونکہ نقطہ A اور نقطہ B ایک ہی ہم تپش خط (Isothermal) پر ، جو T_1 ٹمپریچر کا ہم تپش خط ہے ، واقع ہیں ، اس لیے

$$P_1V_1=P_2V_2\ldots\ldots\ \ldots\ldots(iv)$$

چونکہ نقطہ C اور D ایک ہی ہم تپش خط (Isothermal) پر ، جو T_2 ٹمپریچر کا ہم تپش خط ہے ، واقع ہیں ، اس لیے

$$P_3V_3=P_4V_4\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(v)$$

مساوات (ii) ، (iii) ، (iv) اور (v) پر ضرب کے عمل سے

$$P_2V_2^{\gamma}\times P_4V_4^{\gamma}\times P_1V_1\times P_3V_3=P_3V_3^{\gamma}\times P_1V_1^{\gamma}\times P_2V_2\times P_4V_4$$

یا

$$V_2^{\gamma}\times V_4^{\gamma}\times V_1\times V_3=V_3^{\gamma}\times V_1^{\gamma}\times V_2\times V_4$$

یا

$$V^{\gamma-1}\times V_4^{\gamma-1}=V_3^{\gamma-1}\times V_1^{\gamma-1}$$

یا

$$\frac{V^{1\gamma-1}}{V^{1\gamma-1}}=\frac{V_3^{\gamma-1}}{V_4^{\gamma-1}}$$

$$\therefore\quad \frac{V_2}{V_1}=\frac{V_3}{V_4}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(vi)$$

مساوات (vi) کو مساوات (i) میں شامل کرنے سے

$$\frac{Q_2}{Q_1}=\frac{T_2\log\frac{V_3}{V_4}}{T_1\log\frac{V_3}{V_4}}=\frac{T_2}{T_1}$$

$$\because \quad \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\therefore \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{یا} \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ کارنو انجن کی کارکردگی (Efficiency) کا انحصار اس کے گرم جسم کے ٹمپریچر T_1 اور اس کے سرد جسم کے ٹمپریچر T_2 پر ہوتا ہے ۔ اس کے اندر استعمال ہونے والی گیس کی اصلیت کا اس کارکردگی میں کچھ دخل نہیں ہوتا ۔ علاوہ ازیں چونکہ یہ کارکردگی $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ کے برابر ہے اور $T_1 - T_2$ ہمیشہ T_1 سے کم ہوتا ہے ۔ اس لیے $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ کبھی ایک (یا دوسرے لفظوں میں 100%) نہیں ہو سکتی ، ہمیشہ اس قیمت سے کم ہی رہتی ہے ۔ اس سے یہ بھی ظاہر ہے کہ $T_1 - T_2$ کی قیمت جتنی زیادہ ہو اتنی ہی انجن کی کارکردگی زیادہ ہو جاتی ہے ۔ اس وجہ سے انجن کی کارکردگی بڑھانے کے لیے ضروری ہوتا ہے کہ اس کے گرم جسم اور سرد جسم کے ٹمپریچروں کا فرق $(T_1 - T_2)$ زیادہ سے زیادہ رکھا جائے ۔

کارنو انجن کی کارکردگی کو حرارت ناگزار پھیلاؤ کی نسبت میں ظاہر کرنا ۔ کارنو انجن کی نمایندہ شکل میں BC اور AD دو حرارت ناگزار خط (Adiabatics) ہیں ۔ ان میں سے نقطہ B پر گیس کا حجم V_2 ہوتا ہے اور نقطہ C پر یہ حجم پھیل کر V_3 ہو جاتا ہے ۔ اس لیے $\frac{V_3}{V_2}$ اس گیس کے حرارت ناگزار پھیلاؤ (Adiabatic expansion) کی نسبت (Ratio) ہے ۔ اگر اس نسبت کو ρ سے تعبیر کیا جائے تو

$$\rho = \frac{V_3}{V_2}$$

اس سے پہلے یہ ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$\frac{V_2}{V_1}=\frac{V_3}{V_4}$$

$$\therefore \quad \frac{V_3}{V_2}=\frac{V_4}{V_1}$$

$$\therefore \quad \rho=\frac{V_3}{V_2}=\frac{V_4}{V_1}$$

اس سے یہ ظاہر ہو جاتا ہے کہ حرارت ناگزار پھیلاؤ (Adiabatic expansion) کی نسبت ρ ، جو کچھ حرارت ناگزار BC پر ہوتی ہے ، وھی حرارت ناگزار خط DA پر بھی ہوتی ہے ۔

اب ہم کارنو انجن کی کارکردگی اس نسبت ρ میں معلوم کرتے ہیں۔

پانچویں باب میں جہاں حرارت ناگزار تبدیلیوں کا ذکر ہے ، یہ ثابت کیا جا چکا ہے کہ اگر ایک حرارت ناگزار تبدیلی کے شروع میں گیس کا حجم V اور ٹمپریچر T ہو اور اس تبدیلی کے بعد گیس کا حجم V′ اور ٹمپریچر T′ ہو جائے تو

$$TV^{\gamma-1}=T'V'^{\gamma-1}$$

اس کلیے کا اطلاق ہم حرارت ناگزار خط BC پر کرتے ہیں ۔ اس خط کے آغاز میں یعنی نقطہ B پر گیس کا حجم V_2 اور اس کا ٹمپریچر T_1 ہے اور اس خط کے انجام میں یعنی نقطہ C پر گیس کا حجم V_3 اور اس کا ٹمپریچر T_2 ہے ، اس لیے اوپر کے کلیے کے مطابق

$$T_1V_2^{\gamma-1}=T_2V_3^{\gamma-1}$$

$$\therefore \quad \frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma-1}$$

$$\because \quad \frac{V_3}{V_2}=\rho \qquad \therefore \quad \frac{V_2}{V_3}=\frac{1}{\rho}$$

$$\therefore \quad \frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{1}{\rho}\right)^{\gamma-1}$$

$$\because \qquad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\therefore \qquad \eta = 1 - \left(\frac{1}{\rho}\right)^{\gamma-1}$$

اس مساوات سے **کارنو انجن کی کارکردگی کی قیمت** ρ یعنی حرارت ناگزار پھیلاؤ کی نسبت میں نکل آتی ہے -

حقیقی حرارتی انجنوں کی کارکردگی - بھاپ کا انجن ، پیٹرول انجن اور ڈیزل انجن ان حقیقی حرارتی انجنوں کی قسمیں ہیں جو دنیا میں مصروف کار ہیں ، کارنو انجن ان حرارتی انجنوں کی مثالی (Ideal) صورت ہے ، یعنی اگر ان حرارتی انجنوں میں سے (فرضی طور پر) وہ تمام امور دور ہو جائیں جو ان کی کارکردگی کو کم کرتے ہیں تو ان انجنوں کی کارکردگی بھی وہی ہو گی جو کارنو انجن کی ہے ، یعنی مثالی حالات میں بھاپ کے انجن کی کارکردگی اگر η ہو ، اس میں تازہ بھاپ کا ٹمپریچر T_1 اور ناکارہ بھاپ کا ٹمپریچر T_2 ہو تو

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

چونکہ بھاپ کے انجن میں یہ مثالی حالات فی الحقیقت کبھی میسر نہیں آ سکتے ، اس لیے بھاپ کے انجن کی اصلی کارکردگی $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ سے بہت کم ہوتی ہے - البتہ اس کلیے سے یہ اندازہ ہو سکتا ہے کہ ایسے انجن کی کارکردگی میں بھاپ کے ابتدائی ٹمپریچر T_1 اور آخری ٹمپریچر T_2 کا کتنا بڑا حصہ ہے -

اسی طرح مثالی حالات میں ایک پیٹرول انجن یا ایک ڈیزل انجن کی کارکردگی اگر η ہو اور اس کے عامل جھٹکے (Working stroke) کے دوران میں اس کے پھیلاؤ کی نسبت ρ ہو تو

$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{\rho}\right)^{\gamma-1}$$

جب کہ γ ہوا کے لیے ، جو ان انجنوں کے لیے کارکن شے (Working substance) ہوتی ہے ، مستقل دباؤ کی حرارت مخصوصہ اور مستقل حجم کی حرارت مخصوصہ کی باھمی نسبت ہو ۔ البتہ بھاپ کے انجن کی طرح ان انجنوں کے لیے بھی یہ مثالی حالات کبھی میسر نہیں آتے اس لیے ان کی کارکردگی $1-\left(\frac{1}{\rho}\right)^{\gamma-1}$ سے ہمیشہ کافی کم ہوتی ہے ۔

نوٹ ۔ پچھلے باب میں حرارتی انجنوں کی کارکردگی پر بحث کے دوران میں ان دونوں کلیوں یعنی

$$\eta=\frac{T_1-T_2}{T_1}$$

اور

$$\eta=1-\left(\frac{1}{\rho}\right)^{\gamma-1}$$

کا ذکر کیا گیا تھا ، مگر وھاں یہ نہیں بتایا گیا تھا کہ یہ کلیے کیونکر حاصل ہوتے ھیں ، کیونکہ یہ کلیے دراصل ایک مثالی انجن یعنی کارنو انجن کے ھیں اور اس لیے ان کے اخذ کرنے کے طریقے کارنو انجن کے حال ھی میں درج کیے جا سکتے تھے ۔

کارنو انجن کامل رجعت پذیر (Reversible) ہوتا ہے ۔ کارنو انجن اور اس کے دور (Cycle) کی جو تفصیل اوپر بیان کی گئی ہے ، اس کے مطابق اس میں مندرجہ ذیل خصوصیات پائی جاتی ھیں ۔

(۱) ۔ اس انجن کے پسٹن اور سلنڈر کے درمیان رگڑ نہیں ھوتی اور اس وجہ سے ایسی رگڑ پر غلبہ پانے کے لیے توانائی کا کوئی خرچ عمل میں نہیں آتا ۔

(۲) ۔ کارکن شے یعنی گیس پر تمام عمل بہت آھستہ کیے جاتے ھیں ۔

(۳) ۔ گیس کا ھم تپش پھیلاؤ (Isothermal expansion) ایک مستقل ٹمپریچر T_1 پر واقع ھوتا ہے جس میں گیس گرم جسم سے حرارت Q_1 جذب کرتی ہے ۔

(۴) - گیس کا ہم تپش سکڑاؤ (Isothermal Compression) ایک مستقل ٹمپریچر T_2 پر واقع ہوتا ہے جس میں گیس ٹھنڈے جسم کو حرارت Q_2 دیتی ہے -

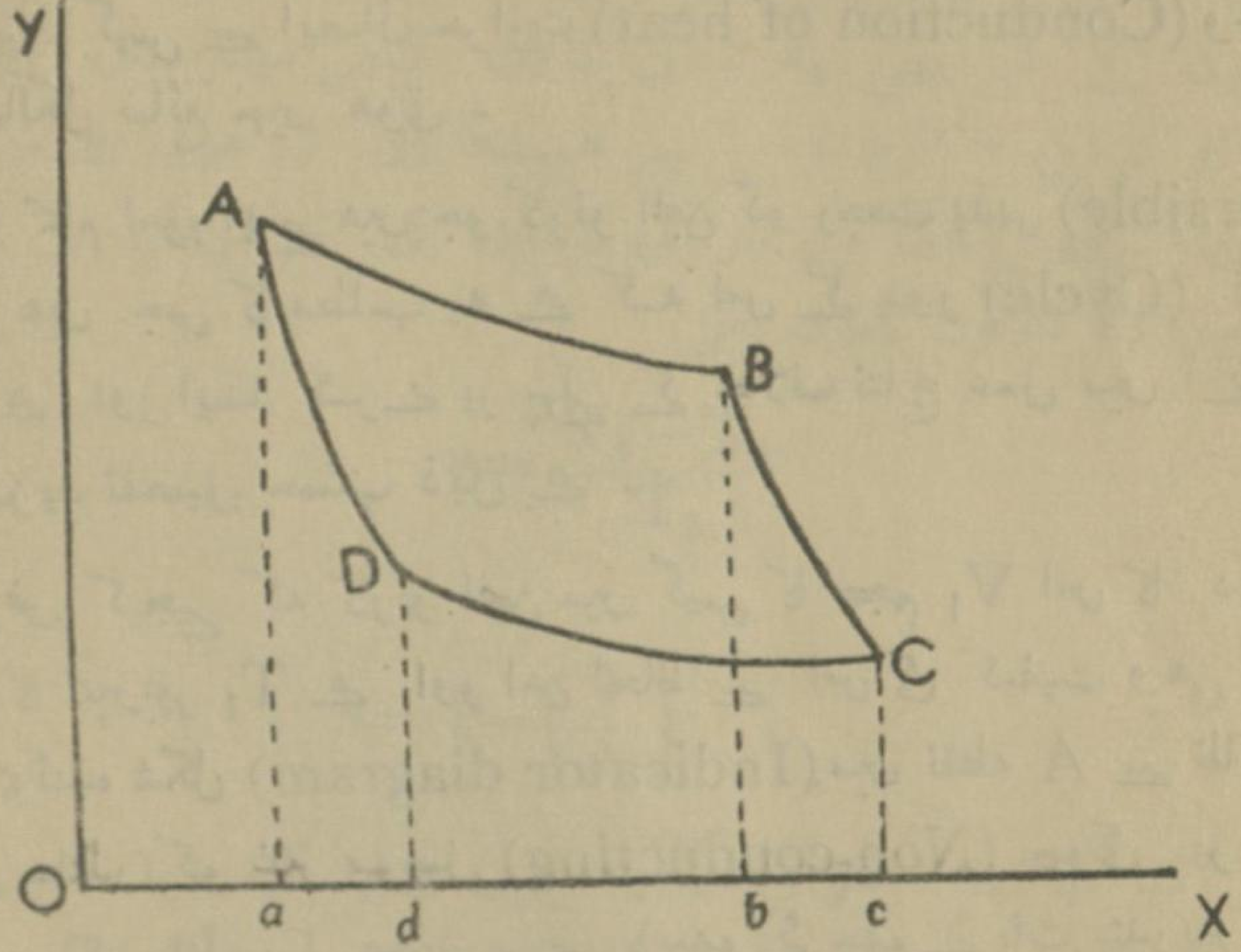
(۵) - گیس سے ایصال حرارت (Conduction of heat) وغیرہ سے حرارت بالکل ضائع نہیں ہوتی -

یہ تمام امور ایسے ہیں جو کارنو انجن کو رجعت پذیر (Reversible) بنا دیتے ہیں جس کا مطلب یہ ہے کہ اس کے دور (Cycle) کو آلٹایا جاسکتا ہے اور ایسا کرنے پر پہلے کے خلاف نتائج عمل میں آتے ہیں - اس کی مزید تفصیل حسب ذیل ہے -

فرض کیجیے کہ کارنو انجن میں گیس کا حجم V_1 اس کا دباؤ P_1 اور اس کا ٹمپریچر T_1 ہے اور اس لحاظ سے اس کی کیفیت وہی ہے جو اس کی نمائندہ شکل (Indicator diagram) میں نقطہ A سے ظاہر ہے- گیس کے سلنڈر کو غیر موصل (Non-conducting) چوکی پر رکھو اور اس کے سلنڈر کے پسٹن پر سے (چھوٹے چھوٹے باٹ بتدریج ہٹا ہٹا کر) دباؤ کم کرتے جاؤ تو گیس حرارت ناگزار طریقے سے (-Adiaba tically) AD کے ساتھ ساتھ پھیلتی ہے جس سے اس کا حجم بڑھ کر V_4 ہو جاتا ہے اس کا دباؤ گھٹ کر P_4 ہو جاتا ہے اور اس کا ٹمپریچر کم ہو کر T_2 پر آ جاتا ہے - اس طرح گیس کی کیفیت وہی ہو جاتی ہے جو نقطہ D سے ظاہر ہے - اس عمل میں گیس بیرونی کام W_4 سر انجام دیتی ہے مگر چونکہ اس کا یہ عمل حرارت ناگزار طریقے سے ہو رہا ہے اس لیے وہ اس کام پر اپنی اندرونی توانائی خرچ کرتی ہے اور اسی وجہ سے اس کا ٹمپریچر گر کر T_2 پر آ جاتا ہے-

سلنڈر کو آٹھا کر سرد جسم پر جس کا ٹمپریچر T_2 ہے، رکھو اور اس کے پسٹن پر سے (چھوٹے باٹ بتدریج ہٹاہٹا کر) دباؤ کم کرو تو وہ ہم تپش طریقے سے (Isothermally) DC کے ساتھ ساتھ مزید پھیلتی ہے ، یہاں تک کہ اس کا حجم بڑھ کر V_3 اور اس کا دباؤ گھٹ کر P_3 ہو جاتا ہے اور اس کی کیفیت نقطہ C کے مطابق ہو جاتی ہے

اس طرح پھیلنے میں یہ گیس W_2 کام سر انجام دیتی ہے اور اس کام کے کرنے میں جو حرارت Q_2 (اس کام کے برابر) درکار ہوتی ہے ، اسے یہ سرد جسم سے لے لیتی ہے - اس وجہ سے اس کا اپنا ٹمپریچر T_2 پر قائم



رھتا ہے ، T_2 سے نیچے گرنے نہیں پاتا - اور اسی وجہ سے گیس کا یہ پھیلاؤ ہم تپش (Isothermal) ہوتا ہے -

سلنڈر کو دوبارہ غیر موصل(Non-conducting) چوکی پر رکھو اور اس کے پسٹن پر (چھوٹے چھوٹے باٹ بتدریج رکھ رکھ کر) دباؤ زیادہ کرتے جاؤ تو گیس حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) CB کے ساتھ ساتھ سکڑتی ہے جس سے اس کا حجم گھٹ کر V_2 ہو جاتا ہے اور اس کا دباؤ بڑھ کر P_2 ہو جاتا ہے اور اس کا ٹمپریچر بڑھ کر T_1 پر آ جاتا ہے - اس طرح گیس کی کیفیت وہی ہو جاتی ہے جو نقطہ B سے ظاہر ہے - اس عمل میں گیس پر بیرونی کام W_3 ہوتا ہے جس سے اس کی اندرونی توانائی بڑھتی ہے اور اسی وجہ سے اس کا ٹمپریچر اونچا ہو کر T_1 پر آ جاتا ہے -

سلنڈر کو اٹھا کر گرم جسم پر جس کا ٹمپریچر T_1 ہے، رکھو اور اس کے پسٹن پر (چھوٹے چھوٹے باٹ بتدریج رکھ رکھ کر) دباؤ زیادہ

کرو تو وہ هم تپش طریقے سے (Isothermally) BA کے ساتھ ساتھ مزید سکڑتی ہے ، یہاں تک کہ اس کا حجم گھٹ کر V_1 اور اس کا دباؤ بڑھ کر P_1 هو جاتا ہے اور اس کی کیفیت نقطہ A کے مطابق هو جاتی ہے۔ اس طرح سکڑنے میں گیس پر بیرونی کام W_1 هوتا ہے اور اس کام کے کرنے پر جو حرارت Q_1 (اس کام کے برابر) پیدا هوتی ہے اسے یہ گرم جسم کو دے دیتی ہے ۔ اس وجہ سے اس کا اپنا ٹمپریچر T_1 پر قائم رهتا ہے ، T_1 سے اونچا هونے نہیں پاتا ۔ گیس کی حالت A پر آ جانے کے باعث کارنو انجن کا ایک دور الٹے طریقے سے مکمل هو جاتا ہے ۔ اس الٹے دور (Reverse cycle) کی تفصیل سے ظاهر ہے کہ پہلے جھٹکے میں گیس حرارت تو کچھ جذب نہیں کرتی البتہ اپنی اندرونی توانائی کو صرف کرکے W_4 کام کرتی ہے (جو شکل میں $ADdaA$ سے ظاهر ہے) ۔ دوسرے جھٹکے میں وہ ٹھنڈے جسم سے Q_2 حرارت لیتی ہے اور خود W_2 کام کرتی ہے (جو شکل میں $DCcdD$ سے ظاهر ہے) تیسرے جھٹکے میں اس پر کام W_3 هوتا ہے (جو شکل میں $CBbcC$ سے ظاهر ہے) اور اس کے برابر گیس کی اندرونی توانائی بڑھ جاتی ہے ۔ چوتھے جھٹکے میں گیس پر W_1 کام هوتا ہے (جو شکل میں $BAabB$ سے ظاهر ہے) اور اس کے برابر حرارت Q_1 وہ گرم جسم کو دے دیتی ہے ۔ اس طرح پورے دور میں گیس پر کیا هوا کام

$$=W_1+W_3-W_2-W_4$$

$$=ABCD \text{ رقبہ } = W$$

کارنو انجن کو اس طرح الٹے طور پر چلانے سے اس کے هر دور (Cycle) میں اس کی کار کن گیس پر W کام هوتا ہے اور وہ حرارت Q_2 ٹھنڈے جسم سے لیتی ہے اور حرارت Q_1 گرم جسم کو دے دیتی ہے ۔ چونکہ انجن کی کار کن گیس حرارت کو سرد جسم سے لیتی ہے اور گرم جسم کو دیتی ہے اس لیے انجن ایک ریفریجریٹر (Refrigerator) کا کام کرتا ہے ۔ اس کی کار کن گیس هر دور میں مجموعی طور پر (Q_1-Q_2) حرارت خارج کرتی ہے اور اس کے برابر کام W اس گیس پر هوتا ہے ۔

اس سے پہلے جب کارنو انجن کو سیدھے رخ چلایا گیا تھا تو یہ ایک حرارتی انجن کا کام دیتا تھا جس کے ہر دور میں اس کی کار کن گیس مجموعی طور پر حرارت (Q_1-Q_2) اخذ کرتی تھی اور اس کے برابر کام W خود سر انجام دیتی تھی - چونکہ الٹے دور میں کارنو انجن کی کیفیت سیدھے دور کے مقابلے میں ہر لحاظ سے اس کے برعکس ہوتی ہے اس سے ظاہر ہے کہ کارنو انجن کامل رجعت پذیر (Reversible) ہے -

عام حرارتی انجن سے کارنو انجن کا مقابلہ - جب ہم کارنو انجن کا مقابلہ ایک عام حرارتی انجن مثلاً پیٹرول انجن یا بھاپ کے انجن سے کرتے ہیں تو ہمیں ان میں دو نمایاں امور کا اختلاف ظاہر ہوتا ہے -

(۱) کارنو انجن کے ہر دور (Cycle) میں حرارت رگڑ (Friction) یا ایصال (Conduction) وغیرہ عملوں میں ضائع نہیں ہوتی - اس وجہ سے یہ انجن کامل طور پر رجعت پذیر (Reversible) ہوتا ہے - یہ بات کسی حقیقی حرارتی انجن میں نہیں پائی جاتی کیونکہ ان کے ہر دور میں حرارت کی ایک واضح مقدار ان عملوں میں ضائع ہو جاتی ہے اور اس وجہ سے جب ایک حرارتی انجن اور ایک کارنو انجن ایک ہی ٹمپریچروں T_1 اور T_2 کے درمیان سر گرم کار ہوں تو حرارتی انجن کی کارکردگی کارنو انجن کی کارکردگی سے کم ہوتی ہے -

(۲) کارنو انجن کے ایک دور میں گیس گرم جسم سے ایک مستقل ٹمپریچر T_1 پر حرارت جذب کرتی ہے اور کام کرنے کے بعد باقی بچی ہوئی حرارت سرد جسم کو ایک مستقل ٹمپریچر T_2 پر دے دیتی ہے - لیکن حقیقی حرارتی انجن میں جب گیس گرم جسم سے حرارت جذب کرتی ہے تو ساتھ ساتھ گرم جسم کا ٹمپریچر بھی T_1 سے نیچے گرتا جاتا ہے - دوسری جانب جب گیس کام کرنے کے بعد باقی ماندہ حرارت سرد جسم کو دیتی ہے تو ساتھ ساتھ سرد جسم کا ٹمپریچر بھی T_2 سے اونچا ہوتا جاتا ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ کارنو انجن ٹمپریچر کے جس اختلاف کے ماتحت کام کرتا ہے وہ تو مسلسل طور پر T_1-T_2 ہی رہتا ہے لیکن عام حرارتی انجن ٹمپریچر کے جس اختلاف کے ماتحت کام کرتا ہے وہ اوسطاً

$T_1 - T_2$ سے کم ہوتا ہے اور اس وجہ سے بھی ایک حقیقی حرارتی انجن کی کارکردگی (Efficiency) کارنو انجن سے ہمیشہ کم ہوتی ہے ۔

مذکورہ بالا تفصیل سے ظاہر ہو جاتا ہے کہ ہر اصلی حرارتی انجن کی کارکردگی کارنو انجن کی کارکردگی سے کم ہوتی ہے۔ اس سے یہ امر واضح ہو جاتا ہے کہ **کارنو انجن کی کارکرگی تمام دوسرے انجنوں سے زیادہ ہوتی ہے** - اس حقیقت کو کارنو نے ایک کلیے کی صورت میں بیان کیا تھا جو **کارنو کا کلیہ**(Carnot's theorem) کہلاتا ہے ۔

کارنو کا کلیہ (Carnot's theorem) ۔ تمام انجنوں میں سے جو ایک خاص آونچے ٹمپریچر اور ایک خاص نیچے ٹمپریچر کے درمیان سر گرم کار ہوں کارنو انجن (Carnot's engine) کی کارکردگی سب سے زیادہ ہوتی ہے ۔ دوسرے لفظوں میں اسے یوں بھی کہا جا سکتا ہے کہ کسی انجن کی کارکردگی کارنو انجن سے زیادہ نہیں ہو سکتی جب کہ وہ دونوں ایک ہی آونچے اور نیچے ٹمپریچروں کے درمیان چل رہے ہوں ۔

حرارتی حرکیات کے دوسرے قانون سے کارنو کے کلیے کو ثابت کرنا ۔ کارنو کا کلیہ (Carnot's theorem) یہ ہے کہ کسی حرارتی انجن کی کارکردگی کارنو انجن کی کارکردگی سے زیادہ نہیں ہوسکتی (جب کہ وہ دونوں ایک ہی گرم اور سرد ٹمپریچروں کے درمیان چل رہے ہوں) ۔ اس کلیے کو حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے دوسرے قانون سے اخذ کیا جاسکتا ہے ۔ اس کی صورت یہ ہے کہ ہم پہلے یہ فرض کر لیتے ہیں کہ ایک ایسا حرارتی انجن موجود ہے جس کی کارکردگی (Efficiency) کارنو انجن سے زیادہ ہے ۔ تو اس سے حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کا قانون غلط ہو جاتا ہے ۔ اور چونکہ یہ قانون غلط نہیں ہوسکتا اس سے یہ نتیجہ نکلتا ہے کہ ہمارا پہلا مفروضہ صحیح نہیں ہے اور اس لیے کسی حرارتی انجن کی کارکردگی (انہیں ٹمپریچروں کے درمیان چلنے والے) کارنو انجن سے زیادہ نہیں ہوسکتی ۔

فرض کرو کہ A ایک دیا ہوا حرارتی انجن اور B ایک کارنو انجن ہے جس میں دیے ہوئے حرارتی انجن A کی کارکردگی کارنو انجن

کی کارکردگی سے زیادہ ہے - یہ دونوں انجن ایک ہی گرم جسم کو جس کا ٹمپریچر T_1 ہے اور ایک ہی ٹھنڈے جسم کو جس کا ٹمپریچر T_2 ہے، استعمال کرتے ہیں اور اس لیے وہ ایک ہی اونچے ٹمپریچر اور ایک ہی نیچے ٹمپریچر کے درمیان چلتے ہیں - ان دونوں انجنوں میں گیس کی مقدار کو اس طور سے رکھا گیا ہے کہ دونوں انجن اپنے ایک دور میں ایک ہی جتنا کام W سرانجام دے سکتے ہیں -

پہلے حرارتی انجن A کو کام کرنے دو تو اس کی کارکن گیس گرم جسم سے Q'_1 حرارت لیتی ہے اور W کام کرنے کے بعد باقی حرارت Q'_2 کو جو $Q'_1 - W$ کے برابر ہوتی ہے، سرد جسم کو دے دیتی ہے - اب اس حرارتی انجن A کو کارنو انجن B کے ساتھ اس طرح جوڑ دو کہ جب حرارتی انجن W کام کرےتو اس کا یہ کام کارنو انجن B پر واقع ہو - چنانچہ جب حرارتی انجن A سیدھے رخ پر اپنا دور مکمل کرے تو کارنو انجن B الٹے رخ سے اپنا دور پورا کرے - اس صورت میں کارنو انجن کی حیثیت ایک سردکار یعنی ریفریجریٹر (Refrigerator) کی ہو جاتی ہے کیونکہ جب کوئی انجن خود تو کام نہ کرے بلکہ باہر سے اس پر کام ہو رہا ہو تو وہ ایک ریفریجریٹر (Refrigerator) بن جاتا ہے - کارنو انجن کی کارکن گیس ان حالات میں سرد جسم سے حرارت Q_2 لیتی ہے اور اس پر کیے کام سے جو حرارت پیدا ہوتی ہے وہ اس میں شامل کرکے Q_1 حرارت گرم جسم کو دے دیتی ہے جب کہ

$$Q_1 = Q_2 + W$$
$$\therefore \quad Q_2 = Q_1 - W$$

دونوں انجن جس طرح آپس میں ملے ہوئے کام کرتے ہیں انھیں ایک مرکب انجن مانا جاسکتا ہے - اس مرکب انجن کے ہر دور کے خاتمے پر حرارتی انجن A کی کارکن گیس سرد جسم میں Q'_2 حرارت جو $Q'_1 - W$ کے برابر ہے، شامل کرتی ہے اور کارنو انجن B کی کارکن گیس سرد جسم میں سے Q حرارت جو $Q - W$ کے برابر ہوتی ہے،

نکال لیتی ہے - چونکہ ہمارے مفروضے کے مطابق حرارتی انجن کی کارکردگی جو $\frac{W}{Q'_1}$ کے برابر ہے ، کارنو انجن کی کارکردگی سے جو $\frac{W}{Q_1}$ کے برابر ہے ، زیادہ ہے اس لیے Q'_1 سے Q_1 زیادہ ہے اور اس وجہ سے

$$Q_1 - W > Q'_1 - W$$

چونکہ اوپر کی تشریح کے مطابق سرد جسم میں سے نکلنے والی حرارت $Q_1 - W$ ہے اور سرد جسم میں شامل ہونے والی حرارت $Q'_1 - W$ ہے اور یہ پہلی حرارت $(Q_1 - W)$ دوسری حرارت $(Q'_1 - W)$ سے بڑی ہے اس لیے مرکب انجن کے ہر دور کے خاتمے پر دونوں کارکن گیسیں مجموعی طور پر سرد جسم میں سے حرارت کی ایک مقدار نکالتی ہیں جس کی قیمت

$$(Q_1 - W) - (Q'_1 - W)$$

یعنی $Q_1 - Q'_1$ ہوتی ہے -

دوسری جانب حرارتی انجن کی کارکن گیسیں ان حالات میں گرم جسم سے Q'_1 حرارت نکالتی ہے اور کارنو انجن کی کارکن گیس اپنے ہر دور میں گرم جسم کو Q_1 حرارت (جو $Q_2 + W$ کے برابر ہوتی ہے) واپس کر دیتی ہے - اس لیے مرکب انجن کی کارکن گیسیں مجموعی طور پر $Q_1 - Q'_1$ حرارت گرم جسم کو دیتی ہیں - اس کا مطلب یہ ہے کہ مرکب انجن کے ہر دور کے خاتمے پر $Q_1 - Q'_1$ حرارت سرد جسم میں سے نکل کر گرم جسم میں شامل ہوتی جاتی ہے - چونکہ انجن A (ایک حرارتی انجن کے طور پر) W کام کرتا ہے اور کارنو انجن B پر (ایک ریفریجریٹر کی حیثیت سے) یہی کام واقع ہو جاتا ہے اس لیے دونوں انجنوں سے بنے ہوئے مرکب انجن پر بیروں سے کوئی کام نہیں ہوتا - اس کے معنی یہ ہیں کہ ہم نے ایک ایسا مرکب انجن بنا لیا ہے جس پر باہر سے تو کوئی کام نہیں ہو رہا مگر اس کے باوجود وہ برابر ایک سرد جسم سے حرارت کو ایک گرم جسم کی طرف منتقل کر رہا ہے -

یہ بات حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے دوسرے قانون کے برخلاف ہے اور دنیا میں کبھی کسی تجربے سے اس کی تصدیق نہیں ہوئی - اس لیے ہمارا پہلا مفروضہ کہ ایک حرارتی انجن کی کارکردگی کارنو انجن سے زیادہ ہے ، غلط ہے کیونکہ اس کو تسلیم کرنے سے ایک انہونی بات یعنی بیرونی کام کیے بغیر حرارت کا سرد جسم سے گرم جسم کی طرف بہنا ممکن ہو جاتا ہے جس کا کسی صورت میں قطعی امکان نہیں ہے - اس لیے **کسی حرارتی انجن کی کارکردگی اس کے اونچے اور نیچے ٹمپریچروں کے درمیان چلنے والے کارنو انجن کی کارکردگی سے زیادہ نہیں ہو سکتی -**

مختلف کارنو انجنوں کی کارکردگی کا برابر ہونا - گزشتہ صفحات میں ثابت کیا جا چکا ہے کہ ایک خاص اونچے ٹمپریچر اور ایک خاص نیچے ٹمپریچر کے درمیان چلنے والے حرارتی انجنوں میں سے کارنو انجن (Carnot engine) کی کارکردگی سب سے زیادہ ہوتی ہے اور ٹمپریچروں کے ان حدود میں چلنے والا کوئی حرارتی انجن ایسا نہیں ہوسکتا جس کی کارکردگی کارنو انجن سے زیادہ ہو - ان دونوں امور سے یہ بات واضح ہو جاتی ہے کہ **ایک خاص اُونچے اور خاص نیچے ٹمپریچروں کے درمیان چُلنے والے مختلف کارنو انجنوں (Carnot engines) کی کارکردگی برابر ہوتی ہے -**

کارنو انجن کی کارکردگی کا انحصار کارکن شے کی نوعیت پر نہیں ہوتا - کارنو انجن کی کارکردگی کے متعلق یہ ثابت کیا جا چکا ہے کہ اگر اس کے گرم جسم کا ٹمپریچر T_1 اور اس کے ٹھنڈے جسم کا ٹمپریچر T_2 ہو اور اس کی کارکردگی (Efficiency) η ہو تو

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

اس مساوات کے دائیں طرف T_1 اور T_2 کے سوا کوئی اور مقدار نہیں ہے اور T_1 اور T_2 کا تعلق بالترتیب گرم جسم اور سرد جسم کے ساتھ ہے ، کارکن شے (Working substance) کی نوعیت کے ساتھ نہیں ہے -

اس سے ثابت ہو جاتا ہے کہ کارنو انجن (Carnot engine) کی کارکردگی کا انحصار اس میں استعمال ہونے والی کارکن شے کی نوعیت پر نہیں ہوتا -

کیلون (Kelvin) **کا ٹمپریچر کا حرارتی حرکیاتی پیمانہ** (Thermo-dynamic scale temperature) **یا ٹمپریچر کا کام کا پیمانہ** (Work scale of temperature) - پہلے باب میں بتایا جا چکا ہے کہ مادے کی مختلف خاصیتیں جو ٹمپریچر کے ساتھ تبدیل ہوتی ہیں ٹمپریچر کی پیمائش کے لیے استعمال ہوسکتی ہیں - ان میں سے بعض خاصیتیں مثلاً ٹمپریچر کے ساتھ (۱) مائعات کا پھیلنا (۲) گیسوں کا پھیلنا (۳) گیسوں کے دباؤ کا بڑھنا (۴) دھاتوں کی برقی مزاحمت کا تبدیل ہونا اور (۵) حرارتی برق جفتے یعنی تھرمو الیکٹرک کپل کی برق زا قوت یعنی ای - ایم - ایف کا بدلنا شامل ہیں - یہ تمام خاصیتیں ایک دوسری سے اتنی مختلف ہیں کہ ان کی بنا پر بنے ہوئے تھرمامیٹر ہر حالت میں بالکل ایک سی پیمائش نہیں دیتے بلکہ جب ایک ہی شے کے ٹمپریچر کو ان مختلف خاصیتوں پر بنے ہوئے تھرمامیٹروں سے ناپا جاتا ہے تو سوائے ان مقررہ ٹمپریچروں مثلاً برف کے نقطے (Ice point) یا بھاپ کے نقطے (Steam point) کے جن کو باقاعدہ تجربے کے بعد لگایا جاتا ہے دیگر تمام ٹمپریچروں پر ان کی پیمائشوں میں تھوڑا بہت اختلاف ضرور نمایاں ہوتا ہے - یہ بات صفحہ 672 پر دیے گئے نقشے سے ظاہر ہے جس میں 0°C اور 100°C کے مقررہ نقطوں کے درمیان دو ٹمپریچروں کی پیمائشیں بالترتیب گیس تھرمامیٹر ، پارے کے تھرمامیٹر ، مزاحمتی تھرمامیٹر (Resistance thermometer) اور حرارتی برق تھرمامیٹر (Thermo-electric thermometer) پر دکھائی گئی ہیں -

حرارتی برقی تھرمامیٹر	مزاحمتی تھرمامیٹر	پارے کا تھرمامیٹر	گیس تھرمامیٹر
0°C	0°C	0°C	0°C
40·297°C	40·360°C	40·111°C	40°C
80·147°C	80·240°C	80·241°C	80°C
100°C	100°C	100°C	100°C

مختلف خاصیتوں پر بنے ہوئے تھرمامیٹروں پر ٹمپریچر کی پیائش میں جو خفیف سا اختلاف پایا جاتا ہے اس کو دور کرنے اور اس کی بجائے ٹمپریچر کی پیائش کے لیے ایک ایسا پیانہ وضع کرنے کی ضرورت عرصے سے محسوس ہو رہی تھی جو کسی شے کی مادی خاصیت پر مبنی نہ ہو اور اس وجہ سے وہ ایک معیار کا کام دے سکے۔ اس عقدے کو مشہور برطانوی سائنس دان ، **لارڈ کیلون** (Lord Kelvin) نے 1848ء میں حل کیا ، جب اس نے ٹمپریچر کا ایک جدید پیانہ وضع کیا جس کی بنا کارنو انجن کے کیے ہوئے کام بر مبنی تھی۔ اس لیے اس پیانے کو **ٹمپریچر کا کام کا پیانہ** (Work scale of temperature) کہتے ہیں۔ علاوہ ازیں چونکہ کارنو انجن کا تعلق حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) سے ہے اور اس پیانہ کی بنیاد کارنو انجن کے کام پر ہے اس لیے یہ پیانہ **ٹمپریچر کا حرارتی حرکتی پیمانہ** (Thermo-dynamic scale of tem-perature) بھی کہلاتا ہے۔

کارنو انجن کی دو خصوصیات ایسی ہیں جن کی وجہ سے مذکورہ بالا پیانے کی بنیاد رکھنے کے لیے اس کا انتخاب عمل میں لایا گیا ہے۔

۱ - اس انجن کا ایک دور مکمل ہونے پر کار کن شے پورے طور

پر اپنی پہلی حالت پر آ جاتی ہے اور اس کی ساری اندرونی توانائی بحال ہو جاتی ہے -

۲ - اس انجن کی کارکردگی کا کوئی تعلق اس کے اندر استعمال ہونے والی کارکن شے (Working substance) کی نوعیت یا انجن کی ساخت اور طریق عمل کے ساتھ نہیں ہوتا بلکہ یہ کارکردگی محض اس کے گرم جسم کے ٹمپریچر اور اس کے سرد جسم کے ٹمپریچر پر مبنی ہوتی ہے - اس وجہ سے اس انجن کے کیے ہوئے کام پر جب ٹمپریچر کے کسی پیمانے کی بنیاد رکھی جائے تو اس پر کارکن شے کی خاصیتوں کا کچھ اثر نہیں پڑسکتا اور ایسا پیمانہ ہر قسم کے اختلافات سے پاک ہو کر ایک معیاری اور مثالی پیمانہ بن جاتا ہے -

فرض کرو کہ کارنو انجن کے گرم جسم کا ٹمپریچر θ_1 اور سرد جسم کا ٹمپریچر θ_2 ہے اور یہ انجن اپنے ایک دور میں گرم جسم سے حرارت Q_1 لیتا ہے اور W کام کرنے کے بعد باقی ماندہ حرارت Q_2 سرد جسم کو واپس کر دیتا ہے - تب اگر اس انجن کی کارکردگی (Efficiency) η ہو تو

$$\eta=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}$$

چونکہ یہ کارکردگی صرف ٹمپریچر θ_1 اور ٹمپریچر θ_2 پر مبنی ہوتی ہے اس وجہ سے اس کو θ_1 اور θ_2 کا کوئی فنکشن (Function) قرار دیا جا سکتا ہے -

$$\therefore \quad \eta=1-\frac{Q_2}{Q_1}=\phi(\theta_1 , \theta_2)$$

جب کہ $\phi(\theta_1 , \theta_2)$ ٹمپریچر θ_1 اور θ_2 کا کوئی فنکشن ہو -
اوپر کی مساوات سے

$$\frac{Q_2}{Q_1}=1-\phi(\theta_1 , \theta_2)$$

$$\therefore \frac{Q_1}{Q_2}=\frac{1}{1-\phi(\theta_1 , \theta_2)}=f(\theta_1 , \theta_2)$$

جب کہ $f(\theta_1 , \theta_2)$ ٹمپریچر θ_1 اور θ_2 کی کوئی اور فنکشن (Function) ہو -

اسی طرح اگر کارنو انجن کا کوئی اور رجعت پذیر (Reversible) انجن ٹمپریچر θ_2 اور ٹمپریچر θ_3 کے درمیان کام کر رہا ہو تو

$$\frac{Q_2}{Q_3}=f(\theta_2, \theta_3)$$

پھر اگر ایک اور کارنو انجن ٹمپریچر θ_1 اور ٹمپریچر θ_3 کے درمیان عمل پیرا ہو تو

$$\frac{Q_1}{Q_3}=f(\theta_1, \theta_3)$$

$$\because \quad \frac{Q_1}{Q_3}=\frac{Q_1}{Q_2}\times\frac{Q_2}{Q_3}$$

$$\therefore \quad f(\theta_1, \theta_3)=f(\theta_1, \theta_2)\times f(\theta_2, \theta_3)\ldots\ldots(i)$$

اگر اوپر کی مساوات کی ان مقداروں کے درمیان یہ تعلق پیدا کرنا ہو تو یہ تینوں فنکشن ذیل کی نوعیت کے ہونے چاہئیں :

$$f(\theta_1, \theta_2)=\frac{F(\theta_1)}{F(\theta_2)}$$

$$f(\theta_2, \theta_3)=\frac{F(\theta_2)}{F(\theta_3)}$$

$$f(\theta_1, \theta_3)=\frac{F(\theta_1)}{F(\theta_3)}$$

کیونکہ اس صورت میں جب مساوات (i) میں یہ قیمتیں درج کی جاتی ہیں تو مساوات قائم رہتی ہے ۔ مثلاً

$$\frac{F(\theta_1)}{F(\theta_3)}=\frac{F(\theta_1)}{F(\theta_2)}\times\frac{F(\theta_2)}{F(\theta_3)}$$

$$\because \quad \frac{Q_1}{Q_2}=f(\theta_1, \theta_2) \quad ; \quad \frac{Q_2}{Q_3}=f(\theta_2, \theta_3)$$

$$\frac{Q_1}{Q_3}=f\,(\theta_1\,,\,\theta_3)$$

$$\therefore \quad \frac{Q_1}{Q_2}=\frac{F(\theta_1)}{F(\theta_2)}\quad , \quad \frac{Q_2}{Q_3}=\frac{F(\theta_2)}{F(\theta_3)}$$

$$\frac{Q_1}{Q_3}=\frac{F(\theta_1)}{F(\theta_3)}$$

کیلون نے $F(\theta)$ کی سادہ صورت کو ، جس میں وہ θ کے برابر ہوتی ہے ، انتخاب کیا جس سے $F(\theta_1)$ کی قیمت θ_1 ، $F(\theta_2)$ کی قیمت θ_2 اور $F(\theta_3)$ کی قیمت θ_3 ہو گئی ۔ اس لیے ان قیمتوں کے مطابق

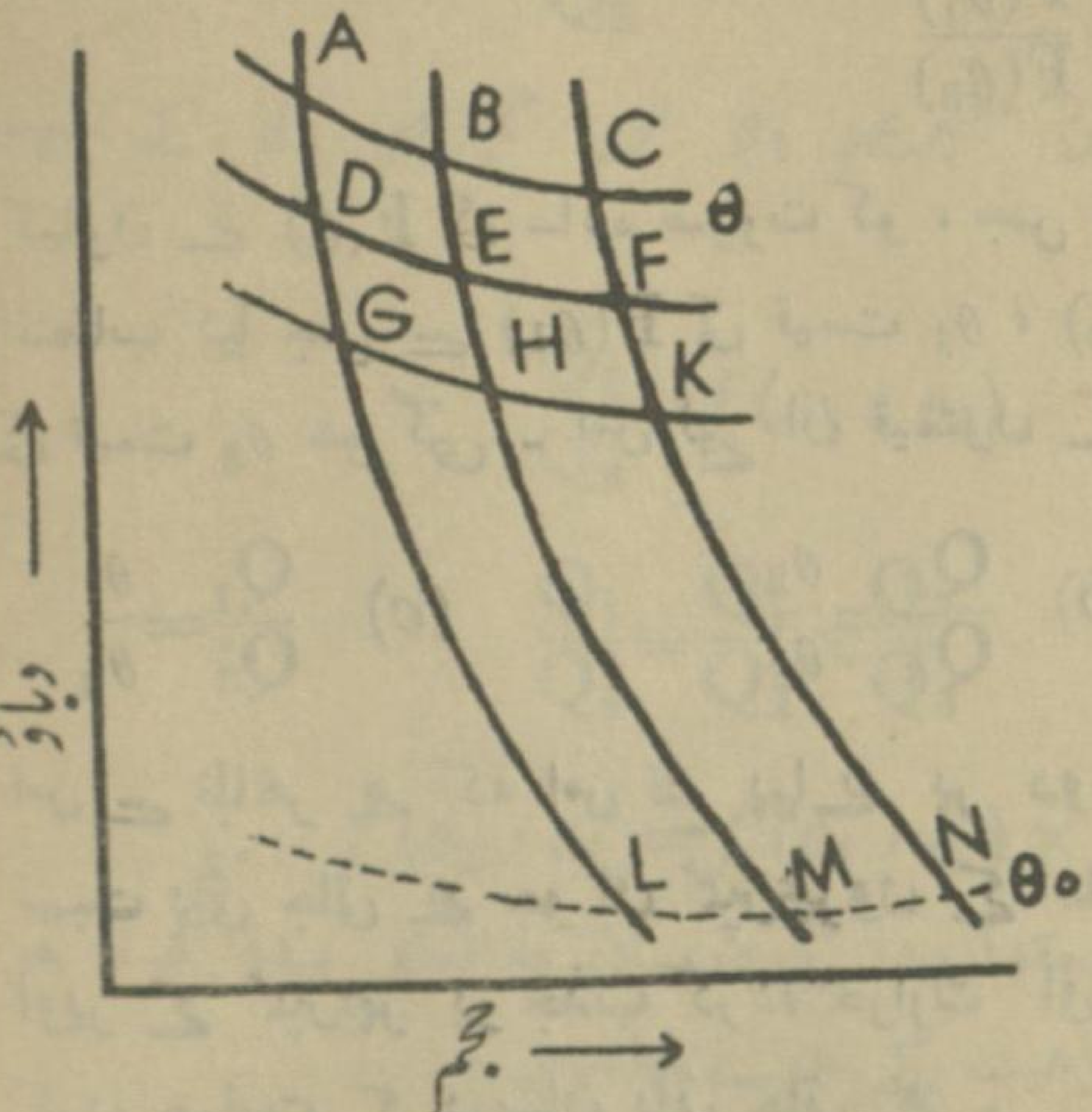
(a) $\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{\theta_1}{\theta_2}$ (b) $\frac{Q_2}{Q_3}=\frac{\theta_2}{\theta_3}$ (c) $\frac{Q_1}{Q_3}=\frac{\theta_1}{\theta_3}$

اس سے ظاہر ہے کہ اس نئے پیمانے پر دو ٹمپریچروں کے درمیان وہی نسبت پائی جاتی ہے جو ان ٹمپریچروں کے مابین چلنے والے کارنو انجن میں اوپر کے ٹمپریچر پر جذب کردہ حرارت اور نیچے کے ٹمپریچر پر خارج کردہ حرارت کے درمیان پائی جاتی ہے ۔

ٹمپریچر کے مذکورہ پیمانے کو گراف کے ذریعے ظاہر کرنے کے لیے ایک ہم تپش خط (Isothermal) ABC کھینچو جو ایک خاص ٹمپریچر θ کے لیے ہو ۔ اس خط پر نقطہ A کارکن شے یعنی گیس کی ابتدائی حالت کو ظاہر کرتا ہے ۔ جب گیس AB کے ساتھ پھیلتی ہے تو یہ θ ٹمپریچر کے گرم جسم سے Q حرارت جذب کرتی ہے اور اس کی حالت نقطہ B کے مطابق ہو جاتی ہے ۔ اس کے بعد یہ مزید پھیلتی ہے اور جب گرم جسم سے مزید Q حرارت اور اس لحاظ سے کل 2Q حرارت جذب کر لیتی ہے تو اس کی حالت C کے مطابق ہوجاتی ہے ۔ اس گراف پر LMN ایک ایسا ہم تپش خط (Isothermal) ہے جو مطلق صفر (Absolute zero) کے لیے ہے ۔ نقاط A ، B اور C سے بالترتیب AL ، BM اور CN حرارت ناگزار خط (Adiabatics) کھینچو ۔ اس شکل میں رقبہ ALMB اور رقبہ BMNC میں سے ہر ایک اس کام کے برابر ہے

جسے گیس گرم جسم سے Q حرارت لے کر اور اس ساری حرارت کو کام میں منتقل کر کے سرانجام دیتی ہے اور اس طرح اس کا اپنا ٹمپریچر مطلق صفر ہو جاتا ہے۔

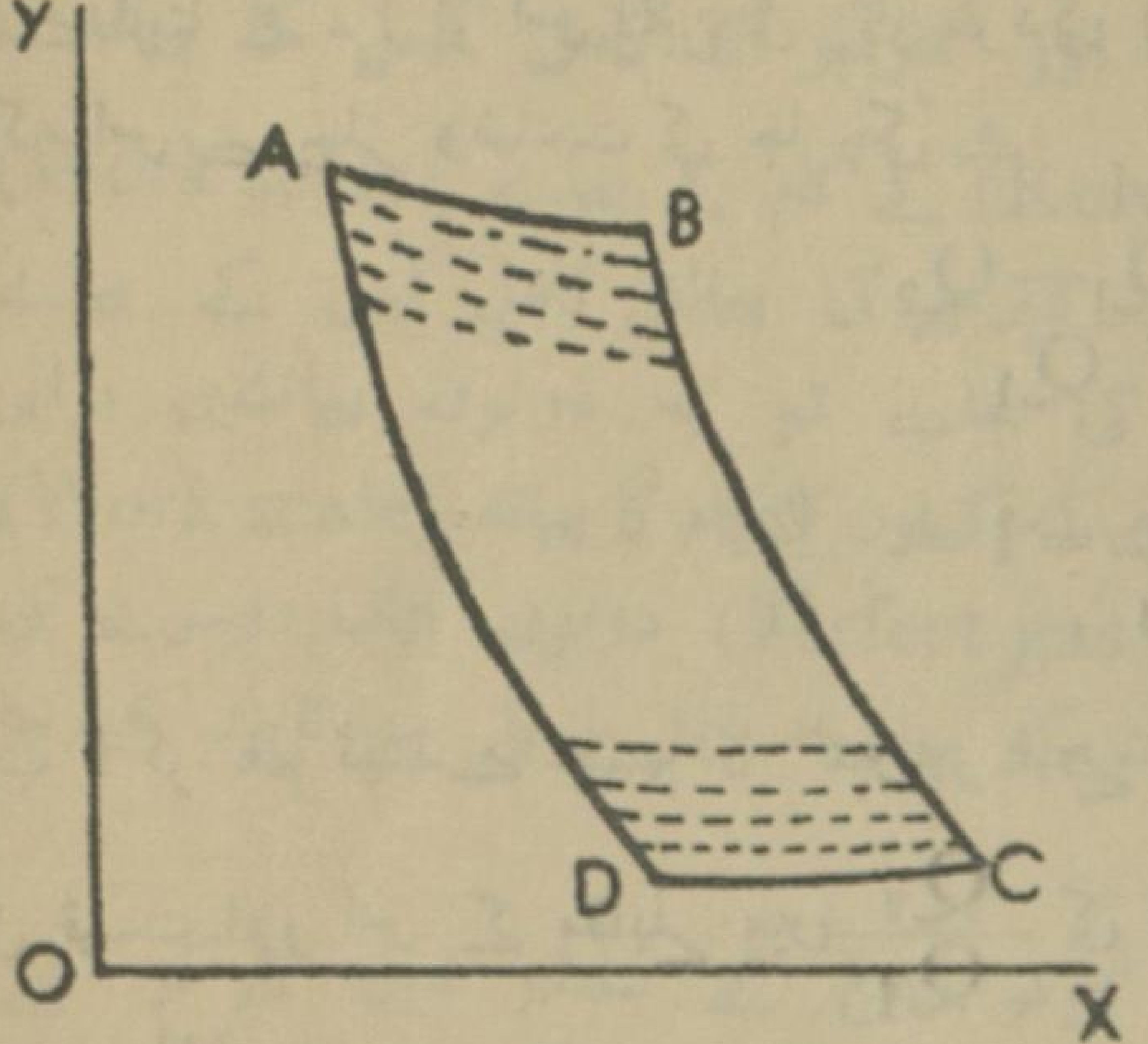
رقبہ ALMB اور رقبہ BMNC کے آر پار ایسے ہم تپش خط (Isother-mal) DEF اور GHK وغیرہ کھینچو جس سے یہ رقبے θ برابر حصوں میں تقسیم ہو جائیں۔ تب چونکہ ہم تپش خط ABC ٹمپریچر θ کو ظاہر کرتا ہے اس لیے اس کے ایک درجہ نیچے کا ہم تپش خط DEF ٹمپریچر $(\theta - 1)$ کو اور اس کے دو درجے نیچے کا ہم تپش خط ٹمپریچر $(\theta - 2)$ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس طرح یہ تمام ہم تپش خط θ سے لے کر مطلق صفر تک ہر درجے کے ٹمپریچر کو ظاہر کرتے ہیں اور ان سے بنا ہوا یہ پورا گراف کیلون کے مذکورہ کام کے پیمانے (Work scale) کی ایک تصویر پیش کر دیتا ہے۔



اس شکل میں چونکہ AB ٹمپریچر θ کا اور DE ٹمپریچر $(\theta - 1)$ کا ہم تپش خط ہے اس لیے ان دونوں کے درمیان سنٹی گریڈ کی ایک ڈگری کا فرق ہے۔ اب اگر ABED کو ایک کارنو انجن کے دور سے تعبیر کیا جائے تو یہ ایک ایسا انجن ہے جس کے گرم جسم اور سرد جسم کے ٹمپریچر میں ایک ڈگری کا فرق ہے۔

حرارتی حرکیاتی پیمانے پر ایک ڈگری کی تعریف ۔ ایک ایسے کارنو انجن کو زیر غور لاؤ جس کے گرم جسم کا ٹمپریچر θ_1 بھاپ کا نقطہ (Steam point) ہے اور جس کے سرد جسم کا ٹمپریچر برف کا نقطہ θ_2

(Ice point) ھے ۔ شکل میں ABCD اس انجن کے ایک دور کو ظاھر کرتا ھے جب کہ AB بھاپ کے نقطے (θ_1) کا ھم تپش خط (Isother-mal) اور CD برف کے نقطے θ_2 کا ھم تپش خط ھے یہ کارنو انجن اپنے ایک دور میں جو کام سرانجام دیتا ھے وہ رقبہ ABCD سے ظاھر ھے ۔ اس رقبے میں AB اور CD کے متوازی ھم تپش خطوط کھینچ کر اس رقبے کو 100 برابر حصوں میں تقسیم کرو ۔ تب یہ ایک حصہ ایک ڈگری فرق پر چلنے والے کارنو انجن کے ایک دور کے کام کو ظاھر کرتا ھے جس سے ایک ڈگری کی قیمت کا تعین ھو سکتا ھے ۔ پس حرارتی حرکیاتی (Thermo-dynamic) پیمانے میں ایک ڈگری کی تعریف یوں کی جا سکتی ھے :



ایک حرارتی حرکیاتی ڈگری (Thermo-dynamic degree) ٹمپریچر کا وہ فرق ھے کہ جب اس فرق کے ماتحت ایک کارنو انجن کو چلایا جاتا ھے تو اس کے ایک دور میں اس کا کیا ھوا کام اُس کام کے $\frac{1}{100}$ حصے کے برابر ھوتا ھے جسے یہی انجن اس حالت میں سرانجام دیتا ھے جب اس کے گرم جسم کا ٹمپریچر بھاپ کے نقطے (Steam point) کے برابر اور اس کے ٹھنڈے جسم کا ٹمپریچر برف کے نقطے (Ice point) کے برابر ھوتا ھے ۔

حرارتی حرکیاتی پیمانے پر مطلق صفر کا تصور ۔ حرارتی حرکیاتی پیمانے (Thermo-dynamic scale) پر **مطلق صفر** (Absolute zero) کا تصور کرنے کے لیے فرض کیجیے کہ ھمارے پاس ایک ایسا انجن ھے جس کے گرم جسم کا ٹمپریچر θ_1 اور سرد جسم کا ٹمپریچر θ_2 ھے - یہ انجن اپنے ایک دور میں گرم جسم سے Q_1 حرارت لیتا ھے اور خود W کام کرتا ھے

جس میں W کے برابر حرارت صرف ہو جاتی ہے اور باقی ماندہ حرارت Q_2 کو جو $Q_1 - W$ کے برابر ہوتی ہے، یہ ٹھنڈے جسم کو دے دیتا ہے۔ اگر اس انجن کی کارکردگی (Efficiency) η ہو تو جیسا کہ اس سے پہلے وضاحت کی جا چکی ہے

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$= 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

اب اگر ہم ٹھنڈے جسم کا ٹمپریچر نیچے سے نیچا لیتے جائیں تو $\frac{\theta_2}{\theta_1}$ کی قیمت اور اس کے مقابلے میں $\frac{Q_2}{Q_1}$ کی قیمت گھٹتی جاتی ہے اور اس لیے $\frac{W}{Q_1}$ کی قیمت بڑھتی جاتی ہے، یہاں تک کہ ٹھنڈے جسم کے ٹمپریچر کی ایک خاص نیچی قیمت پر پہنچ کر $\frac{W}{Q_1}$ کی قیمت ایک کے برابر ہو جاتی ہے جس کا مطلب یہ ہے کہ ٹمپریچروں کے ان حدود میں چلنے والا کارنو انجن جب گرم جسم سے حرارت Q_1 حاصل کرتا ہے تو وہ اس ساری حرارت کو W میں تبدیل کر دیتا ہے جس سے Q_1 کی قیمت W کے برابر اور $\frac{W}{Q_1}$ کی قیمت ایک کے برابر ہو جاتی ہے۔ علاوہ ازیں چونکہ W کی قیمت $Q_1 - Q_2$ کے برابر ہوتی ہے اس لیے جب W کی قیمت Q_1 کے برابر ہوتی ہے تو Q_2 کی قیمت صفر ہوجاتی ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ جب سرد جسم اس نیچے ٹمپریچر پر ہو تو کارنو انجن اپنے دور کے مکمل ہونے پر اس سرد جسم کو کچھ حرارت نہیں دیتا۔ اس حالت میں اس سرد جسم کا ٹمپریچر **مطلق صفر** (Absolute zero) ہوتا ہے اور انجن کی کارکردگی ایک (یعنی 100%) ہو جاتی ہے۔ پس **جب ایک کارنو انجن ایک اونچے ٹمپریچر اور ایک نیچے ٹمپریچر کے درمیان اس طور سے سرگرم کار ہو کہ وہ جو حرارت گرم جسم سے لیتا ہو اُسے تمام کا**

تمام کام میں منتقل کر دیتا ہو اور اس لحاظ سے اس کی کار کردگی (Efficiency) ایک (یعنی 100%) ہو تو ایسے کارنو انجن کا سرد جسم جس ٹمپریچر پر ہو وہ مطلق صفر (Absolute zero) ہوتا ہے ۔

ٹمپریچر کا کام کا پیمانہ اور ٹمپریچر کا کامل گیس کا پیمانہ ۔

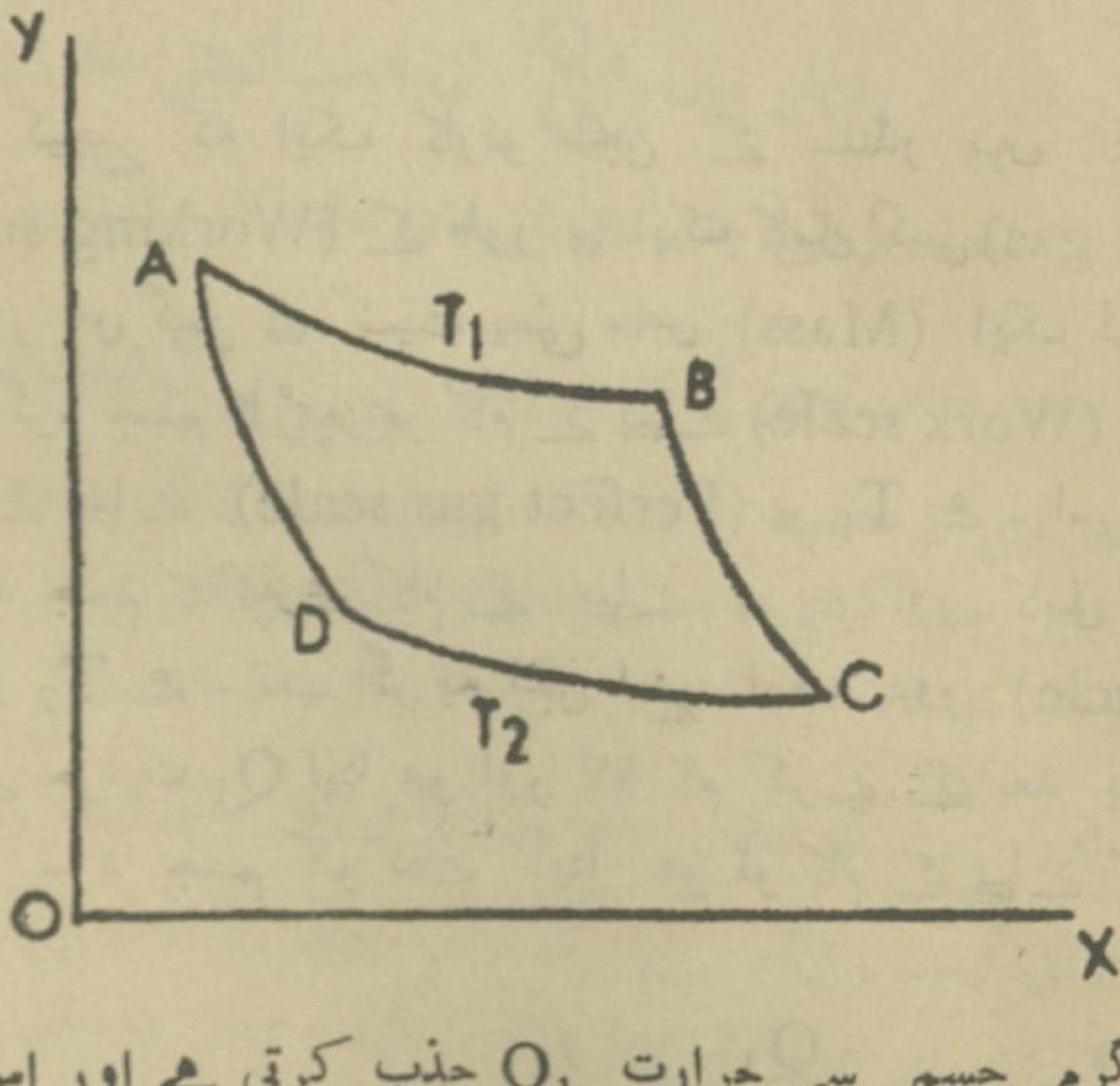
جب کوئی ٹمپریچر کیلون (Kelvin) کے کام کے پیمانے (Work scale) پر ناپا جائے اور پھر اسی ٹمپریچر کی پیمائش کامل گیس کے پیمانے (Perfect gas scale) پر کی جائے تو یہ دونوں پیمائشیں برابر نکلتی ہیں ۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ کیلون کا کام کا پیمانہ (Work scale) اور کامل گیس کا پیمانہ (Perfect gas scale) دونوں ایک دوسرے کی مطابقت کرتے ہیں ۔ اس حقیقت کو مندرجہ ذیل طریقے سے ثابت کیا جا سکتا ہے :

فرض کیجیے کہ ایک کارنو انجن کے سلنڈر میں کارکن شے (Working substance) کے طور پر ایک کامل گیس (Perfect gas) بھری ہے اور اس گیس کی کمیت یعنی ماس (Mass) ایک گرام ہے ۔ اس انجن کے گرم جسم کا ٹمپریچر کام کے پیمانے (Work scale) پر θ_1 اور کامل گیس کے پیمانے (Perfect gas scale) پر T_1 ہے ۔ اسی طرح اس انجن کے سرد جسم کا ٹمپریچر کام کے پیمانے پر θ_2 اور کامل گیس کے کے پیمانے پر T_2 ہے ۔ تب اگر یہ انجن اپنے ایک دور (Cycle) میں گرم جسم سے حرارت Q_1 لیتا ہو اور W کام کرنے کے بعد باقی ماندہ حرارت Q_2 سرد جسم کو دے دیتا ہو تو کام کے پیمانے کی تعریف کے مطابق

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{\theta_1}{\theta_2}\text{......................}(i)$$

شکل میں گیس کی ابتدائی حالت نقطہ A سے ظاہر ہے ، جب گیس کا حجم V_1 ، اس کا دباؤ P_1 اور اس کا ٹمپریچر کام کے پیمانے پر θ_1 اور گیس کے پیمانے پر T_1 ہے ۔ یہ گیس ہم تپش خط AB کے ساتھ پھیلتی ہے یہاں تک کہ اس کی حالت نقطہ B کے مطابق ہو جاتی ہے

جب اس کا حجم V_2 اور اس کا دباؤ P_2 ہو جاتا اور اس کا ٹمپریچر وہی T_1 یا θ_1 رہتا ہے - اس کے بعد یہ گیس حرارت ناگزار خط BC کے ساتھ پھیلتی ہے یہاں تک کہ نقطہ C پر اس کا حجم V_3 ، اس کا دباؤ P_3 ہو جاتا ہے اور اس کا ٹمپریچر گر کر θ_2 یا T_2 تک آ جاتا ہے جو کارنو انجن کے سرد جسم کا ٹمپریچر ہے - اس کے بعد یہ گیس ہم تپش خط CD کے ساتھ سکڑتی ہے یہاں تک کہ نقطہ D پر اس کا حجم V_4 اور اس کا دباؤ P_4 ہوجاتا ہے ، البتہ اس کا ٹمپریچر θ_2 یا T_2 ھی رہتا ہے - آخر میں یہ گیس DA کے ساتھ حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabati-cally) مزید سکڑتی ہے اور A حالت کو واپس آ جاتی ہے جب کارنو انجن کا ایک پورا دور مکمل ہو جاتا ہے - جب گیس A سے B تک پھیلتی



ہے تو وہ گرم جسم سے حرارت Q_1 جذب کرتی ہے اور اس کے برابر کام W_1 کرتی ہے - جب گیس C سے D تک سکڑتی ہے تو اس پر کام W_3 — ہوتا ہے اور وہ اس کے برابر حرارت Q_2 سرد جسم کو دے دیتی ہے - اس کام کو منفی کی علامت اس لیے دی گئی ہے کیونکہ یہ کام گیس نہیں کر رھی بلکہ آلٹا گیس پر ہوتا ہے - چونکہ جب گیس W_1 کام کرتی ہے تو اس کا حجم V_1 سے V_2 ہو جاتا ہے اس لیے

$$Q_1 = W_1 = \int_{V_1}^{V_2} p\, dv$$

$$\because \quad PV = RT_1$$

جب کہ T_1 وہ ٹمپریچر ہے جس پر یہ تبدیلی ہو رہی ہے اور جسے مستقل گیس کے پیمانے پر ظاہر کیا ہو

$$\therefore \quad p = \frac{RT_1}{V}$$

اسے اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$Q_1 = \int_{V_1}^{V_2} RT_1 \frac{dv}{V}$$

$$= RT_1 \Big[\log V \Big]_{V_1}^{V_2}$$

$$\therefore \quad Q_1 = RT_1 \log \frac{V_2}{V_1} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

جب گیس پر W_3 کام ہوتا ہے تو اس کا حجم V_3 سے V_4 ہو جاتا ہے اس لیے

$$Q_2 = -W_3 = -\int_{V_3}^{V_4} p dv$$

چونکہ اس صورت میں

$$PV = RT_2$$

جب کہ T_2 وہ ٹمپریچر ہے جس پر یہ تبدیلی ہو رہی ہے اور جسے مستقل گیس کے پیمانے پر ظاہر کیا گیا ہے۔

$$\therefore \quad p=\frac{RT_2}{V}$$

اسے آوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$Q_2=-RT_2\int_{V_3}^{V_4}\frac{dv}{V}$$

$$=RT_2\int_{V_4}^{V_3}\frac{dv}{V}=RT_2\Big[\log V\Big]_{V_4}^{V_3}$$

$$\therefore \quad Q_2=RT_2\log\frac{V_3}{V_4}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(iii)$$

(*ii*) پر (*iii*) کو تقسیم کرنے سے

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{RT_2\log\dfrac{V_3}{V_1}}{RT_2\log\dfrac{V_3}{V_4}}$$

یا

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{T_1\log\dfrac{V_2}{V_1}}{T_2\log\dfrac{V_3}{V_4}}$$

چونکہ A اور B ایک ہی ہم تپش خط پر ہیں ۔

$$\therefore \quad P_1V_1=P_2V_2$$

یا

$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{V_2}{V_1}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(iv)$$

چونکہ C اور D ایک ہی ہم تپش خط پر ہیں ۔

$$\therefore \quad P_3V_3=P_4V_4$$

$$\frac{P_3}{P_4} = \frac{V_4}{V_3} \text{ ....}(v)$$ یا

چونکہ A اور D ایک ہی حرارت ناگزار خط پر ہیں

$$\therefore \quad P_1V_1^{\gamma} = P_4V_4^{\gamma}$$

$$\frac{P_1}{P_4} = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{\gamma} \text{ ....}(vi)$$ یا

چونکہ B اور C ایک ہی حرارت ناگزار خط پر ہیں اس لیے

$$P_2V_2^{\gamma} = P_3V_3^{\gamma}$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{V_3^{\gamma}}{V_2^{\gamma}} \text{ ....}(vii)$$ یا

(vi) کو (vii) پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{P_1}{P_4} \times \frac{P_3}{P_2} = \left(\frac{V_4}{V_1} \times \frac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma}$$

$$\frac{P_1}{P_2} \times \frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma} \text{ ....}(viii)$$ یا

(iv) اور (v) کو $(viii)$ میں شامل کرنے سے

$$\frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_4}{V_3} = \left(\frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma}$$

اب چونکہ γ ایک کے برابر نہیں ہے اس لیے یہ مساوات اسی صورت میں صحیح ہو سکتی ہے جب $\frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_4}{V_3}$ ایک کے برابر ہو ۔

$$\therefore \quad \frac{V_2}{V_3} \times \frac{V_4}{V_3} = 1$$

$$\frac{V_3}{V_4} = \frac{V_2}{V_1} \text{ ....}(ix)$$ یا

(ix) کو (i) میں شامل کرنے سے

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{T_1 \log \frac{V_2}{V_1}}{T_2 \log \frac{V_2}{V_1}}$$

$$\therefore \quad \frac{Q_1}{Q_2}=\frac{T_1}{T_2}$$

مگر حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کی تحقیقات کے مطابق

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{\theta_1}{\theta_2}$$

$$\therefore \quad \frac{\theta_1}{\theta_2}=\frac{T_1}{T_2}$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ جب دو جسموں کے ٹمپریچر ایک طرف کام کے پیمانے پر اور دوسری طرف کامل گیس کے پیمانے پر ناپے جائیں تو جو نسبت کام کے پیمانے (Work scale) پر ناپے ہوئے ان دو ٹمپریچروں میں ہوتی ہے وہی نسبت کامل گیس کے پیمانے (Perfect gas scale) پر ناپے ہوئے دونوں ٹمپریچروں میں بھی پائی جاتی ہے۔

اب فرض کیجیے کہ پگھلتی برف کا ٹمپریچر، جسے برف کا نقطہ (Ice point) بھی کہتے ہیں، کام کے پیمانے (Work scale) پر θ_0 اور گیس کے پیمانے پر T_0 ہے۔ تب بھاپ کا نقطہ (Steam point) چونکہ اس سے 100 درجے اوپر ہے، اس لیے وہ پہلے پیمانے پر $100+\theta_0$ اور دوسرے پیمانے پر $100+T_0$ ہوگا۔ اس وجہ سے ان دونوں ٹمپریچروں کی نسبت لینے پر اوپر ہی کے اصول کے مطابق

$$\frac{100+\theta_0}{\theta_0}=\frac{100+T_0}{T_0}$$

$$\text{یا} \quad \frac{100}{\theta_0}+1=\frac{100}{T_0}+1$$

$$\therefore \quad \theta_0=T_0$$

اس سے ظاہر ہے برف کے نقطے کی جو پیمائش گیس کے پیمانے پر ہوتی ہے وہی کام کے پیمانے پر بھی پائی جاتی ہے۔

اب فرض کیجیے کہ ہمارے پاس کوئی سا جسم ہے جس کا ٹمپریچر کام کے پیمانے (Work scale) پر θ اور گیس کے پیمانے (Gas scale) پر T ہے۔ تب اوپر ہی کے اصول کے مطابق

$$\frac{\theta}{\theta_0}=\frac{T}{T_0}$$

مگر جیسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ہے

$$\theta_0=T_0$$

$$\therefore \quad \theta=T$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ کسی جسم کے ٹمپریچر کی جو پیمائش کیلون کے کام کے پیمانے پر ہوتی ہے، وہی پیمائش کامل گیس کے پیمانے پر بھی نکلتی ہے اور اس لیے **کیلون کا کام کا پیمانہ (Work scale) اور کامل گیس کا پیمانہ (Perfect gas scale) دونوں ایک دوسرے کے ساتھ پوری مطابقت رکھتے ہیں۔**

نوٹ ۔ مشہور مستقل گیسیں مثلاً ہائیڈروجن ، نائٹروجن اور ہوا وغیرہ ٹمپریچر کی بعض واضح حدود کے اندر ایک کامل گیس کا سا کردار ادا کرتی ہیں اور جہاں وہ کامل گیس سے تھوڑا سا اختلاف بھی رکھتی ہیں وہاں اس اختلاف کو معلوم کرکے اور اس کے مطابق تصحیح لگا کر اُن کے کردار کو کامل گیس کے مطابق بنایا جا سکتا ہے۔ اس سے ظاہر ہے کہ جب کسی جسم کے ٹمپریچر کو گیس تھرمامیٹر سے ناپا جائے اور اس میں وہ تصحیح کر دی جائے جو اس ٹمپریچر پر اس گیس اور ایک کامل گیس کے رویے کے اختلاف کے باعث لگانی ضروری ہو جاتی ہے تو ٹمپریچر کی یہ تصحیح کردہ پیمائش کامل گیس کے پیمانے کی پیمائش ہو جاتی ہے اور چونکہ اوپر کی تشریح کے مطابق کیلون کے کام کے پیمانے کی پیمائش بھی یہی ہوتی ہے ، اس لیے کام کے پیمانے (Work scale) پر اس جسم کا ٹمپریچر معلوم ہو جاتا ہے جس کی براہ راست

پیمائش کارنو انجن سے عملی طور پر ناممکن ہونے کے باعث محال ہوتی ہے - اس طرح کیلون کا کام کا پیمانہ (Work scale) یا دوسرے لفظوں میں حرارتی حرکیاتی پیمانہ (Thermo-dynamic scale) ایک عملی پیمانے کا روپ دھار لیتا ہے -

کارکردگی کی مساوات (Efficiency equation) - اگر ایک کارنو انجن کے گرم جسم کا ٹمپریچر T_1 اور سرد جسم کا ٹمپریچر T_2 ہو، گرم جسم سے اس کی حاصل کردہ حرارت Q_1 اور سرد جسم کو اس کی خارج کردہ حرارت Q_2 ہو ، اس کا کیا ہوا کام W ہو اور اس کی کارکردگی (Efficiency) η ہو تو

$$\eta=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=\frac{T_1-T_2}{T_1}$$

اب حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے پہلے قانون کے مطابق

$$Q_1-Q_2=W$$

$$\therefore \quad \frac{W}{Q_1}=\frac{T_1-T_2}{T_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

جب یہ انجن ٹمپریچر کے چھوٹے سے حدود یعنی گرم جسم کے ٹمپریچر T اور سرد جسم کے ٹمپریچر $T-dT$ کے درمیان عمل پیرا ہو اور ہر دور میں ٹمپریچر T پر گرم جسم سے حرارت Q حاصل کرتا ہو اور کام dW کرنے کے بعد باقی حرارت $(Q-dQ)$ ٹمپریچر $T-dT$ پر سرد جسم کو دے دیتا ہو تو اوپر کی مساوات (i) میں Q_1 کی بجائے Q ، W کی بجائے dW ، T_1 کی بجائے T اور T_2 کی بجائے $T-dT$ شامل کرنے سے

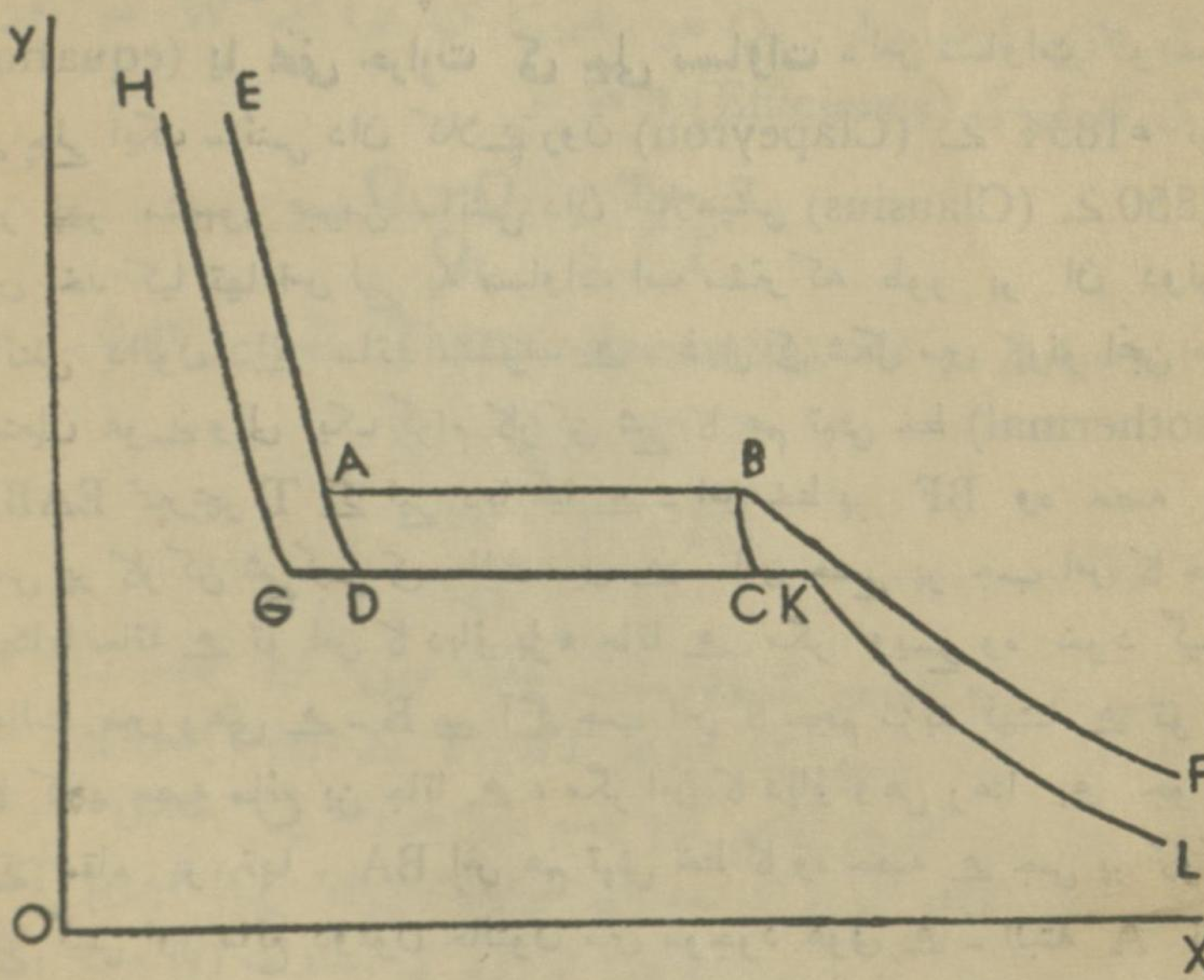
$$\frac{dW}{Q}=\frac{T-(T-dT)}{T}$$

$$\therefore \quad \frac{dW}{Q}=\frac{dT}{T}$$

یہ مساوات جس میں حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے دونوں قانون جمع ہو جاتے ہیں **کارکردگی کی مساوات** (Efficiency equation) کہلاتی ہے - حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) میں اس مساوات کی بڑی اہمیت ہے کیونکہ اس کی مدد سے حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے متعلق بہت سے مسئلے آسانی سے حل ہو جاتے ہیں -

کلاسیئس کلاپے رون مساوات (Clausius-Clapeyron equation) **یا مخفی حرارت کی پہلی مساوات** - اس مساوات کو سب سے پہلے ایک سائنس دان کلاپے رون (Clapeyron) نے 1834ء میں اور پھر مشہور جرمن سائنس دان کلاسیئس (Clausius) نے 1850ء میں اخذ کیا تھا اس لیے یہ مساوات اب مشترکہ طور پر ان دونوں سائنس دانوں کے ساتھ منسوب ہے - ذیل کی شکل میں کارنو انجن میں استعمال ہونے والی ایک گرام کارکن شے کا ہم تپش خط (Isothermal) ٹمپریچر T کے لیے دیا گیا ہے - اس خط پر BF وہ حصہ ہے جس پر کارکن شے گیس کی حالت میں ہے - اس حصے پر جب اس کا حجم گھٹایا جاتا ہے تو اس کا دباؤ بڑھ جاتا ہے مگر ویسے وہ خود گیسی حالت میں رہتی ہے - B سے آگے جب اس کا حجم مزید گھٹتا ہے تو اس کا کچھ حصہ مائع بن جاتا ہے ، مگر اس کا دباؤ وہی رہتا ہے جو B کے مقام پر تھا - BA اس ہم تپش خط کا وہ حصہ ہے جس پر کارکن شے گیس اور مائع دونوں حالتوں میں موجود ہوتی ہے - البتہ A نقطے پر پہنچ کر وہ تمام کی تمام مائع بن جاتی ہے اس کے بعد جب اس کا دباؤ اور زیادہ بڑھایا جاتا ہے تو مائع کا حجم بہت کم گھٹتا ہے کیونکہ مائع عام طور پر قریباً قریباً غیرداب پذیر (Incompressible) ہوتا ہے - چونکہ AB حصے پر کارکن شے کے حجم کے گھٹانے یا بڑھانے سے اس کے دباؤ میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی محض اس کے مائع اور گیس کے حصے میں کمی بیشی آتی ہے ، اس لیے AB حصہ محور OX کے متوازی ہوتا ہے اور اس کے مقابل کا دباؤ وہ ہے جس کے ماتحت کارکن شے T

ٹمپریچر پر مائع سے گیس یا گیس سے مائع حالت اختیار کرتی ہے ۔ گویا دوسرے لفظوں میں اس دباؤ پر ٹمپریچر T کارکن شے کا نقطہ جوش (Boiling point) ہوتا ہے ۔ اس سے نیچے HGKL اسی کارکن شے کا ایک اور ہم تپش خط (Isothermal) ٹمپریچر $T-dT$ کا ہے ۔ اس میں LK حصے پر کارکن شے گیس کی حالت میں ہے ، نقطہ K سے آگے اس کا حجم گھٹانے پر اس کا کچھ حصہ مائع بننے لگتا ہے مگر اس دباؤ وہی رہتا ہے جو K پر تھا ۔ یہاں تک کہ نقطہ G پر پہنچ کر تمام گیس



مائع حالت میں تبدیل ہو جاتی ہے ۔ GH حصہ مائع پر دباؤ کی زیادتی کو ظاہر کرتا ہے جس کے دوران میں اس مائع کا حجم بہت کم گھٹتا ہے ۔ چونکہ GK حصے پر کارکن شے کا دباؤ مستقل رہتا ہے ، اس لیے GK محور OX کے متوازی ہے اور اس کے مقابل کا دباؤ وہ ہے جس کے ماتحت کارکن شے $T-dT$ پر مائع سے گیس یا گیس سے مائع حالت میں منتقل ہوتی ہے گویا دوسرے لفظوں میں اس دباؤ پر ٹمپریچر $T-dT$ کارکن شے کا نقطہ جوش (Boiling point) ہوتا ہے ۔ نقطہ A سے AD اور

نقطہ B سے BC دو حرارت ناگزار خط (Adiabatics) کھینچو اور ایک کارنو انجن کے ذریعے کار کن شے کو ABCDA کے ساتھ ایک دور (Cycle) مکمل کرنے دو ۔ اس کارنو انجن کے گرم جسم کا ٹمپریچر T اور اس کے سرد جسم کا ٹمپریچر $T-dT$ ہے ۔ جب کار کن شے نقطہ A پر ہوتی ہے تو اس کا حجم v_1 ہوتا ہے اور جب یہ ہم تپش خط AB کے ساتھ پھیل کر نقطہ B تک پہنچتی ہے تو اس کا حجم v_2 ہو جاتا ہے ۔ اس پھیلاؤ کے دوران میں یہ کار کن شے گرم جسم میں حرارت Q لیتی ہے اور چونکہ اس کی حالت نقطہ A پر مائع اور نقطہ B پر (یعنی حرارت Q جذب کرنے کے بعد) گیس کی ہوجاتی ہے اس لیے یہ حرارت Q کار کن شے کی مخفی حرارت L کے برابر ہے ۔ نقطہ B پر کار کن شے حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) BC کے ساتھ پھیلتی ہے جس سے اس کا ٹمپریچر گر کر $T-dT$ ہو جاتا ہے اور اس کی حالت C نقطہ کے مطابق ہو جاتی ہے ۔ یہاں سے یہ کار کن شے ٹمپریچر $T-dT$ کے ہم تپش خط CD کے ساتھ سکڑتی ہے اور $Q-dQ$ حرارت سرد جسم کو دیتی ہے ۔ چونکہ C نقطہ پر اس کی حالت گیس کی ہے اور حرارت $Q-dQ$ خارج کرنے کے بعد D نقطے پر پہنچ کر یہ مائع ہو جاتی ہے اس لیے حرارت $Q-dQ$ اس کی مخفی حرارت $L-dL$ کے برابر ہے جو ٹمپریچر $T-dT$ پر ہوتی ہے (یہاں یہ امر یاد رکھنے کے قابل ہے کہ مخفی حرارت ٹمپریچر کے ساتھ بھی خفیف سی بدلتی ہے اور اس وجہ سے وہ ٹمپریچر T پر L اور ٹمپریچر $T-dT$ پر $L-dL$ ہوتی ہے) ۔ نقطہ D پر سے کار کن شے حرارت ناگزار طریقے سے سکڑتی ہے اور اس کا ٹمپریچر $T-dT$ سے بڑھ کر T ہو جاتا ہے اور وہ پورے طور پر نقطہ A پر آجاتی ہے جس سے کارنو انجن کا ایک دور (Cycle) مکمل ہو جاتا ہے ۔ اس دور میں مجموعی طور پر کار کن شے ایک کام dW سرانجام دیتی ہے ۔ اب اگر اس انجن کی کار کردگی η لی جائے تو

$$\eta=\frac{dW}{Q}=\frac{Q-(Q-dQ)}{Q}$$

$$=\frac{T-(T-dT)}{T}$$

$$\therefore \quad \frac{dW}{Q}=\frac{dQ}{Q}=\frac{dT}{T}$$

شکل میں کام dW رقبہ ABCD کے برابر ہے اور چونکہ AB اور CD ایک دوسرے کے بہت زیادہ قریب ہیں اس لیے ABCD کو ایک متوازی الاضلاع سمجھا جاسکتا ہے ۔ اس متوازی الاضلاع کے ضلعوں AB اور CD کے درمیان جو عمودی فاصلہ پایا جاتا ہے وہ dp کے برابر ہے جب کہ AB کے مقابل کے دباؤ اور CD کے مقابل کے دباؤ کا فرق dp ہے ۔ اس لیے مذکورہ متوازی الاضلاع کا رقبہ $dp \times AB$ کے برابر ہے ۔ پھر A نقطے پر کارکن شے کا حجم v_1 اور B پر اس کا حجم v_2 ہے اور AB محور $X-$ کے (جو حجم کا ور ہے) متوازی ہے اس لیے AB کی قیمت v_2 اور v_1 کے فرق یعنی v_2-v_1 کے برابر ہے ۔ اس وجہ سے

$$dW = ABCD \text{ رقبہ} = dp \times AB$$
$$= dp(v_2-v_1)$$

$$\therefore \quad \frac{dW}{Q}=\frac{dT}{T}$$

$$\therefore \quad \frac{dp(v_2-v_1)}{Q}=\frac{dT}{T}$$

مگر جیسا کہ پہلے تصریح کی جا چکی ہے حرارت Q کارکن شے کی مخفی حرارت (Latent heat) L کے برابر ہے ۔

$$\therefore \quad \frac{dp(v_2-v_1)}{L}=\frac{dT}{T}$$

$$\therefore \quad \frac{dp}{dT}=\frac{L}{T(v_2-v_1)}$$

یہی کلاسیئس کلاپے رون مساوات (Clausius-Clapeyron equation) ہے ۔

نوٹ - آوپر کی تفصیل میں ہم نے اس مساوات کو ان حالات میں ثابت کیا ہے جب کار کن شے اپنے ہم تپش پھیلاؤ کے دوران میں مائع سے گیس کی حالت اختیار کرتی ہے ، لیکن اسی طریقے سے اس مساوات کو ان حالات میں بھی ثابت کر سکتے ہیں جب کارکن شے اپنے ہم تپش پھیلاؤ کے دوران میں ٹھوس سے مائع حالت اختیار کرتی ہے - اس وجہ سے کلاسیئس کلاپے رون مساوات (Clausius-Clapeyron equation)

$$\frac{dp}{d\mathrm{T}}=\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}(v_2-v_1)}$$

ایک عمومی مساوات ہے جس کا اطلاق مائع سے گیس کی تبدیلی کے علاوہ ٹھوس سے مائع کی تبدیلی پر بھی ہوتا ہے - فرق صرف یہ ہے کہ مائع سے گیس کی تبدیلی کی صورت میں مخفی حرارت L تبخیر کی مخفی حرارت (Latent heat of vaporisation) ہوتی ہے مگر ٹھوس سے مائع حالت کی تبدیلی کی صورت میں مخفی حرارت L پگھلاؤ کی مخفی حرارت (Latent heat of fusion) بن جاتی ہے -

کلاسیئس کلاپے رون مساوات کے عملی اطلاقات - ذیل میں ہم کلاسیئس کلاپے رون مساوات (Clausius-Clapeyron equation) کے عملی اطلاقات کی مثالیں پیش کرتے ہیں جس سے اس مساوات کی اہمیت اور اس کی افادیت کا اندازہ ہو سکتا ہے -

کسی مائع کے نقطہ جوش پر دباؤ کا اثر - آوپر کی شکل میں خط AB ٹمپریچر T کے ہم تپش خط (Isothermal) کا وہ حصہ ہے جس پر کارکن شے مائع سے گیس کی حالت میں تبدیل ہوتی ہے - اس لیے اگر AB کے مقابل میں دباؤ P ہو تو ٹمپریچر T کارکن شے کا نقطہ جوش (Boiling point) ہے جو دباؤ P کے ماتحت ہوتا ہے - اسی طرح خط CD ٹمپریچر $\mathrm{T}-d\mathrm{T}$ کے ہم تپش خط کا وہ حصہ ہے جس پر کارکن شے کی مائع سے گیس کی تبدیلی ہوتی ہے ، اس لیے اگر CD کے مقابل میں دباؤ $\mathrm{P}-dp$ ہو تو ٹمپریچر $\mathrm{T}-d\mathrm{T}$ کارکن شے کا نقطۂ جوش

(Boiling point) ھے جو دباؤ $P - dp$ پر ھوتا ھے ۔ اس سے ظاھر ھے کہ دباؤ کی تبدیلی بقدر dp ھو جانے سے نقطۂ جوش میں dT کے بقدر تبدیلی پیدا ھو جاتی ھے ۔ اب کلاسیئس کلاپے رون مساوات

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)}$$

کو زیر غور لاؤ ۔ اس مساوات میں L ایک مثبت مقدار ھے ۔ ٹمپریچر T کو بھی مطلق پیمانے (Absolute scale) پر ظاھر کیا جاتا ھے ، اس لیے یہ بھی ایک مثبت مقدار ھے ۔ اب چونکہ ھر شے مائع حالت سے گیس کی حالت میں منتقل ھونے پر پھیلتی ھے ، اس لیے اگر کسی شے کے ایک گرام کا حجم ، جسے حجم مخصوصہ (Specific) کہتے ھیں ، مائع حالت میں v_1 اور گیسی حالت میں v_2 ھو تو $(v_2 - v_1)$ بھی ھمیشہ مثبت ھوتا ھے ۔ اس وجہ سے اوپر کی مساوات میں دائیں طرف کی تمام مقداروں کے مثبت ھو جانے کے باعث بائیں طرف کی مقدار $\frac{dp}{dT}$ بھی مثبت ھوتی ھے جس سے ظاھر ھو جاتا ھے کہ دباؤ کے بڑھنے پر ھر شے کا نقطۂ جوش اُونچا ھو جاتا ھے اور دباؤ کے گھٹنے پر یہ نقطۂ جوش نیچا ھو جاتا ھے ۔ یہ حقیقت تجربے سے ثابت ھے ۔

کلاسیئس کلاپے رون مساوات کی مدد سے معلوم کرنا کہ دباؤ کے بڑھانے سے پانی کا نقطۂ جوش کس شرح سے اُونچا ھو جاتا ھے ۔ ایک گرام پانی کا حجم 1 مکعب سنٹی میٹر ھوتا ھے اور جب یہ پانی 100°C پر جوش کھا کر بھاپ میں تبدیل ھوتا ھے تو بھاپ کا حجم 1677 مکعب سنٹی میٹر ھو جاتا ھے ۔ اس سے ظاھر ھے کہ پانی کے حجم مخصوصہ v_1 کی قیمت ایک مکعب سنٹی میٹر اور بھاپ کے حجم مخصوصہ v_2 کی قیمت 1677 مکعب سنٹی میٹر ھوتی ھے ۔ پانی کا نارمل نقطۂ جوش T کی قیمت مطلق پیمانے پر (273+100) یعنی 373°A ھوتی ھے ۔ اس کی تبخیر کی مخفی حرارت L نارمل حالات میں 540 کلوری ھے جو کام کی اکائی میں $540 \times 4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ ھوتی ھے ۔ اس لیے اگر ھمیں یہ معلوم کرنا ھو کہ دباؤ کی زیادتی جب ایک کرہ ھوائی دباؤ

(یعنی $76 \times 13{\cdot}6 \times 980$ ڈائن فی مربع سنٹی میٹر) ہو تو نقطۂ جوش کی زیادتی $d\mathrm{T}$ کس قدر ہوتی ہے تو کلاسیئس کلاپے رون مساوات (Clausius-Clapeyron equation)

$$\frac{dp}{d\mathrm{T}} = \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}(v_2 - v_1)}$$

میں ان مقداروں کی قیمتیں شامل کرنے سے

$$\frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 980}{d\mathrm{T}} = \frac{540 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}{373(1677-1)}$$

$$\therefore \quad d\mathrm{T} = \frac{373 \times 1676 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 980}{540 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}$$

$$= 27{\cdot}92^\circ\mathrm{C}$$

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ مذکورہ مساوات کے مطابق جب پانی کی سطح پر دباؤ بقدر ایک کرہ ہوائی کے بڑھا دیا جائے یعنی اس دباؤ کو 2 کرہ ہوائی کر دیا جائے تو پانی کا نقطہ جوش ، جو ایک کرہ ہوائی دباؤ پر 100°C ہوتا ہے 2 کرہ ہوائی کے دباؤ پر اس سے بقدر 27·92°C بڑھ کر 127·92°C ہو جاتا ہے ۔ دو سائنس دانوں ہول بورن (Holborn) اور ہیننگ (Henning) نے باقاعدہ تجربہ کر کے معلوم کیا کہ جب پانی کی سطح پر دباؤ 2 کرہ ہوائی کے برابر کر دیا جائے تو اس کا نقطۂ جوش بقدر 27·98°C کے بڑھ جاتا ہے ۔ یہ قیمت کلاسیئس کلاپے رون مساوات سے اخذ کردہ قیمت 27·92°C کے بڑی حد تک برابر ہے اور اس سے اس مساوات کے صحیح ہونے کی تصدیق ہو جاتی ہے ۔

کلاسیئس کلاپے رون مساوات (Clausius-Clapeyron equa-tion) کی مدد سے معلوم کرنا کہ دباؤ کا اثر کسی ٹھوس شے کے پگھلاؤ کے نقطے یا کسی مائع شے کے انجماد کے نقطے پر کیا ہوتا ہے ۔ کلاسیئس کلاپے رون مساوات (Clausius-Clapeyron equation)

$$\frac{dp}{d\mathrm{T}} = \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}(v_2 - v_1)}$$

کا اطلاق ٹھوس سے مائع یا مائع سے ٹھوس حالت کی تبدیلیوں پر بھی ہوتا ھے - اس صورت میں T مطلق پیمانے (Absolute scale) پر اس شے کا پگھلاؤ کا نقطہ (Melting point) یا انجماد کا نقطہ (Freezing point) ھوتا ھے - L اسی شے کے پگھلاؤ کی مخفی حرارت (Latent heat of fusion) ھوتی ھے - v_1 اس شے کے ایک گرام کا حجم ٹھوس حالت میں اور v_2 اس شے کے ایک گرام کا حجم مائع حالت میں ھوتا ھے - اس صورت میں $(v_2 - v_1)$ کی قیمت ھر شے کے لیے مثبت نہیں ھوتی - بلکہ بعض اشیا کے لیے منفی بھی ھو جاتی ھے - البتہ یہ صحیح ھے کہ اکثر اشیا کے لیے وہ مثبت ھی ھوتی ھے - اس کا مطلب یہ ھے کہ اکثر اشیاء جب ٹھوس حالت سے پگھل کر مائع بنتی ھیں تو ان کا حجم بڑھ جاتا ھے اور اس لحاظ سے ان کے لیے v_2 کی قیمت v_1 کی قیمت سے زیادہ ھوتی ھے جس سے $(v_2 - v_1)$ مثبت ھو جاتا ھے - چونکہ T کی قیمت (مطلق پیمانے پر) مثبت ھی ھوتی ھے اور L بھی ایک مثبت مقدار ھے ، اس لیے $(v_2 - v_1)$ کے مثبت ھو جانے کی صورت میں $\frac{dp}{dT}$ مثبت ھوتا ھے جس کے معنی یہ ھیں کہ جو اشیا ٹھوس حالت سے پگھلنے پر پھیلتی ھیں ، ان کا پگھلاؤ کا درجہ دباؤ کے بڑھنے سے اونچا ھو جاتا ھے - موم ایسی شے کی ایک مثال ھے جس کا حجم ٹھوس حالت میں کم اور مائع حالت میں زیادہ ھوتا ھے ، اس لیے موم کا پگھلاؤ کا نقطہ (یا انجماد کا نقطہ) دباؤ زیادہ کرنے سے اونچا ھو جاتا ھے -

قدرت میں چند اشیا ایسی بھی ھیں جو ٹھوس سے مائع حالت میں منتقل ھونے پر سکڑتی ھیں اور ان کا حجم کم ھو جاتا ھے - اس لحاظ سے ان کے لیے v_1 کی قیمت v_2 کی قیمت سے زیادہ ھوتی ھے جس سے $(v_2 - v_1)$ کی قیمت منفی ھو جاتی ہے اور مساوات

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)}$$

میں وہ $\frac{dp}{dT}$ کی قیمت کو منفی کر دیتی ھے ، اس لیے ایسی اشیا

کے لیے دباؤ (P) کے بڑھنے پر ان کا پگھلاؤ کا درجہ (T) نیچا ہو جاتا ہے - برف ایسی شے کی ایک مثال ہے جس کا حجم ٹھوس حالت میں زیادہ اور مائع حالت میں کم ہوتا ہے اور اس وجہ سے برف (پانی سے ہلکی ہونے کے باعث) پانی پر تیرتی ہے - چونکہ برف کے لیے $(v_2 - v_1)$ منفی ہوتا ہے ، اس لیے $\frac{dp}{dT}$ بھی منفی ہو جاتا ہے جس کی وجہ سے دباؤ P کے بڑھانے پر برف کا پگھلاؤ کا نقطہ (یا انجماد کا نقطہ) نیچا ہو جاتا ہے - یہ بات تجربے سے ثابت ہے -

کلاسیئس کلاپے رون مساوات (Clausius-Clapeyron equation) سے معلوم کرنا کہ دباؤ کے بڑھانے سے برف کا پگھلاؤ کا نقطہ کس شرح سے نیچا ہوتا ہے - ایک گرام برف کا حجم 1·09 مکعب سنٹی میٹر اور ایک گرام پانی کا حجم 1 مکعب سنٹی میٹر ہوتا ہے - اس لحاظ سے برف کے حجم مخصوصہ (Specific volume) v_1 کی قیمت 1·09 مکعب سنٹی میٹر اور پانی کے حجم مخصوصہ v_2 کی قیمت 1 مکعب سنٹی میٹر ہوتی ہے - برف کا نارمل پگھلاؤ کا درجہ 0°C یا 273°A ہے ، اس لیے برف کے لیے T کی قیمت 273 ہے - برف کی مخفی حرارت L 80 کلوری فی گرام ہے جو کام کی اکائی میں $80 \times 4{\cdot}2 \times 10^7$ ارگ ہو جاتی ہے ، اس لیے اگر ہمیں یہ معلوم کرنا ہو کہ دباؤ کی زیادتی جب ایک کرہ ہوائی کا دباؤ یعنی $76 \times 13{\cdot}6 \times 980$ ڈائن فی مربع سنٹی میٹر ہو تو برف کے پگھلاؤ کے نقطے کی کمی dT کس قدر ہوتی ہے ، تو کلاسیئس کلاپے رون مساوات

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)}$$

میں تمام مقداروں کی قیمتیں شامل کرنے سے

$$\frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 980}{dT} = \frac{80 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}{273(1 - 10{\cdot}9)}$$

$$\therefore \quad dT = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 980 \times 273(1 - 1{\cdot}09)}{80 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}$$

$$= -0{\cdot}0074^\circ C$$

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ مذکورہ مساوات کے مطابق جب برف کی سطح پر دباؤ بقدر ایک کرہ ہوائی کے بڑھا دیا جائے یعنی اس دباؤ کو 2 کرہ ہوائی کر دیا جائے تو برف کا پگھلاؤ کا نقطہ جو ایک کرہ ہوائی دباؤ پر 0°C ہے ، اس 2 کرہ ہوائی پر 0°C سے بقدر 0·0074°C کم ہو کر 0·0074°C— ہو جاتا ہے ۔ انگلستان کے سائنس دان ڈیوار (Dewar) نے باقاعدہ تجربہ کر کے معلوم کیا کہ جب برف یا پانی کی سطح پر دباؤ 2 کرہ ہوائی کے برابر کر دیا جائے تو برف کا پگھلاؤ کا نقطہ یا پانی کا انجماد کا نقطہ گر کر 0·0072 — ہو جاتا ہے ۔ یہ قیمت کلاسیئس کلاپے رون مساوات (Clausius-Clapeyron equation) سے اخذ کردہ قیمت 0·0074°C— سے بہت قریب ہے اور اس وجہ سے اس مساوات کی تصدیق کرتی ہے ۔

حسابی مثالیں

Example 1. Calculate the efficiency of Carnot engine, which works between the limits 227°C and 27°C.

اس کارنو انجن کی کارکردگی معلوم کرو جو 227°C اور 27°C کے حدود کے اندر کام کرتا ہو ۔

کارنو انجن کے گرم جسم کا ٹمپریچر $= T_1 = 227 + 273 = 500°A$

کارنو انجن کے سرد جسم کا ٹمپریچر $= T_2 = 27 + 273 = 300$

کارنو انجن کی کارکردگی $= \eta$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\therefore \quad \eta = \frac{500 - 300}{500} = \frac{200}{500} = \frac{2}{5} = 40\%$$

Example 2. An engine works between the temperatures 227°C and 27°C and develops 100 H.P. Assuming that its efficiency is equal to that of Carno[t]

engine working between the same temperature limits calculate (*i*) the heat supplied to the engine (*ii*) the heat rejected by the engine.

ایک انجن 227°C اور 27°C کے ٹمپریچروں کے درمیان کام کرتا ہے اور 100 ہارس پاور کی طاقت پیدا کرتا ہے - یہ فرض کرکے کہ اس کی کارکردگی ٹمپریچر کے انھیں حدود کے اندر کام کرنے والے ایک کارنو انجن کی کارکردگی کے برابر ہے معلوم کرو کہ (أ) انجن کو کتنی حرارت مہیا ہوتی ہے (ب) انجن سے کتنی حرارت خارج ہوتی ہے -

انجن کا اوپر کا ٹمپریچر $= T_1 = 227 + 273 = 500°A$

انجن کا نیچے کا ٹمپریچر $= T_2 = 27 + 237 = 300°A$

انجن کی کارکردگی $= \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{500 - 300}{500} = \frac{2}{5}$

$= 40\%$

انجن کی طاقت $= W =$ انجن کا کیا ہوا کام فی سیکنڈ

$= 100 \text{ H.P.} = 100 \times 746 \times 10^7$ (ارگ)

انجن کی حاصل کردہ حرارت $= Q_1$

$\because \quad \frac{W}{Q_1} = \eta$

$\therefore \quad \frac{100 \times 746 \times 10^7}{Q_1} = \frac{40}{100}$

یا $\quad Q_1 = 225 \times 746 \times 10^7$ (ارگ)

$= \frac{225 \times 746 \times 10^7}{4{\cdot}2 \times 10^7}$ (کلوری)

$= 4{\cdot}44 \times 10^4$ (کلوری)

$$\because \quad \frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=\eta=\frac{40}{100}=\frac{2}{5}$$

$$\therefore \quad 1-\frac{Q_2}{Q_1}=\frac{2}{5}$$

یا
$$\frac{Q_2}{Q_1}=1-\frac{2}{5}=\frac{3}{5}$$

$$\therefore \quad Q_2=\frac{3}{5}Q_1=\frac{3}{5}\times 4{\cdot}44\times 10^7$$
$=2{\cdot}66\times 10^7$ (کلوری)

Example 3. An engine works in a Carnot cycle between the temperatures 100°C and 0°C. If the work done in the cycle is 2000 kilogram-meters, find how much heat measured in calories is taken at the upper temperature.

ایک انجن کارنو دور میں 100°C اور 0°C ٹمپریچروں کے درمیان سرگرم کار ہے اگر ایک دور میں اس کا کیا ہوا کام 2000 کلو گرام میٹر ہوتو معلوم کرو کہ یہ انجن اونچے ٹمپریچر پر کتنی حرارت حاصل کرتا ہے -

انجن کا اوپر کا ٹمپریچر $=T_1=100+237=373°A$

انجن کا نیچے کا ٹمپریچر $=T_2=0+237=237°A$

انجن کا کیا ہوا کام $=W=2000$ (کلوگرام میٹر)

$=2000\times 1000\times 981\times 100$ (ارگ)

$=19620\times 10^7$ (ارگ)

انجن کی کارکردگی $=\eta=\dfrac{T_1-T_2}{T_1}=\dfrac{373-273}{373}=\dfrac{100}{273}$

انجن کی حاصل کردہ حرارت $=Q_1$

$$\because \quad \frac{W}{Q_1}=\eta$$

$$\therefore \quad Q_1 = \frac{W}{\eta} = 19620 \times 10^7 \times \tfrac{273}{100} \text{ (ارگ)}$$

$$= \frac{19620 \times 273 \times 10^7}{100 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}$$

$$= 17500 \text{ (کلوری)}$$

Example 4. A Carnot engine with the cold body temperature at 17°C has 50% efficiency. By how much should its hot body temperature be changed to increase its efficiency to 60%?

ایک کارنو انجن کے سرد جسم کا ٹمپریچر 17°C ہے اور اس کی کار کردگی 50% ہے۔ اس کے گرم جسم کے ٹمپریچر کو کتنا اونچا کیا جائے کہ اس کی کار کردگی 60% ہو جائے؟

پہلی صورت میں

$T_1 =$ انجن کے گرم جسم کا ٹمپریچر

$= T_2 = 17 + 273 = 290°A$ انجن کے سرد جسم کا ٹمپریچر

$= \eta = 50\% = \frac{1}{2}$ انجن کی کار کردگی

$$\because \quad 1 - \frac{T_1}{T_2} = \eta$$

$$\therefore \quad 1 - \frac{T_1}{290} = \frac{1}{2}$$

یا $\quad T_1 = 290 \times 2 = 580$

دوسری صورت میں

$= T_1'$ انجن کے گرم جسم کا ٹمپریچر

$= T_2 = 290°A$ انجن کے سرد جسم کا ٹمپریچر

$= \eta' = 60\% = \frac{3}{5}$ انجن کی کار کردگی

$$\because \quad 1 - \frac{T_1'}{T_2} = \eta$$

$$\therefore \quad 1-\frac{T_1'}{290}=\frac{3}{5}$$

یا $$\frac{T_1'}{290}=1-\frac{3}{5}=\frac{2}{5}$$

یا $$T_1'=72\,{}^\circ A$$

ٹمپریچر کی زیادتی $=T_1'-T=725-580=145°C$

Example 5. Calculate the volume of a gram of steam at 100°C. Given latent heat of water at 100°C is 537 Calories ; change of boiling point with pressure is 0·37°C per cm. of mercury ; the density of mercury is 13·6 and the acceleration due to gravity is 980 cms./sec^2.

100°C پر ایک گرام بھاپ کا حجم معلوم کرو - 100°C پر پانی کی مخفی حرارت 537 کلوری ھے - دباؤ سے پانی کے نقطۂ جوش کی تبدیلی 0·37°C فی پارے کا سنٹی میٹر ھے - پارے کی کثافت 13·6 ھے اور کشش زمین کا اسراع 980 سنٹی میٹر فی سیکنڈ فی سیکنڈ ھے -

مخفی حرارت $=L=535$ (کلوری)

$=535\times4{\cdot}2\times10^7$ (ارگ)

بھاپ کا ٹمپریچر $=T=100+273=373°A$

پانی کا حجم $=v_1=1$ c.c.

بھاپ کا حجم $=v_2=?$

1 کرہ ہوائی $=1{\cdot}013\times10^6$ dynes/sq. cm.

$=76$ cms. (پارے کے)

(پارے کا) 1 سم دباؤ $=\frac{1{\cdot}013\times10^6}{76}$ (ڈائن)

$$\frac{dT}{dp}=0{\cdot}37°C$$ (فی سم پارے کا)

$$\therefore \quad \frac{dp}{dT}=\frac{1}{0{\cdot}37}\text{ (پارے کا سم)}$$

$$\therefore \quad \text{(پارے کا) سم}\,1=\frac{1{\cdot}013\times10^6}{76}\text{ (ڈائن)}$$

$$\therefore \quad \frac{dp}{dT}=\frac{1}{0{\cdot}37}\times\frac{1{\cdot}013\times10^6}{76}\text{ (ڈائن)}$$

$$\because \quad \frac{L}{T(v_2-v_1)}=\frac{dp}{dT}$$

$$\therefore \quad \frac{535\times4{\cdot}2\times10^7}{373(v_2-1)}=\frac{1}{0{\cdot}37}\times\frac{1{\cdot}013\times10^6}{76}$$

یا $(v_2-1)=1661$

یا $v_2=1661+1=1662$ c.c.

Example 6. Determine the decrease in the melting point of ice for each atmosphere rise of pressure. Latent heat of ice is 80 calories. J is $4{\cdot}2\times10^7$ ergs per calorie. Volume of 1 gm. of ice is 1·091 c.c.

دباؤ کی ایک کرہ ھوائی کی زیادتی کے لیے برف کے پگھلاؤ کے درجے کی کمی معلوم کرو - برف کی مخفی حرارت 80 کلوری ھے - J کی قیمت $4{\cdot}2\times10^7$ ارگ فی کلوری ھے- برف کے ایک گرام کا حجم 1·091 مکعب سنٹی میٹر ھے -

برف کی مخفی حرارت $=L=80$ کلوری

$=80\times4{\cdot}2\times10^7$ ارگ

1 گرام برف کا حجم $=v_1=1{\cdot}091$ c.c.

1 گرام پانی کا حجم $=v_2=1$ c.c.

برف کا ٹمپریچر $=T=0+273=273°A$

1 کرہ ہوائی $= dp =$ دباؤ کی زیادتی

$= 1{\cdot}013 \times 10^6$ (ارگ)

پگھلاؤ کے نقطے کی کمی $= dT$

$$\therefore \quad \frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)}$$

$$\therefore \quad \frac{1{\cdot}013 \times 10^6}{dT} = \frac{80}{273(1 - 1{\cdot}091)}$$

یا

$$dT = \frac{-273 \times 0{\cdot}091 \times 1{\cdot}013 \times 10^6}{80 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}$$

$$= -0{\cdot}0075^\circ C$$

Example 7. Calculate the pressure required to lower the melting point of ice by 1°C. Latent heat of ice is 79.6 calories. Specific volume of water at 0°C is 1 c.c. Specific volume of ice at 0°C is 1.091, and one atmosphere is equal to 1.013×10^6 dynes.

وہ دباؤ معلوم کرو جو برف کے پگھلاؤ کے نقطے کو بقدر 1°C کم کرنے کے لیے درکار ہو ۔ برف کی مخفی حرارت 79·6 کلوری ہے ۔ 0°C پر پانی کا حجم مخصوصہ 1 مکعب سنٹی میٹر ہے ۔ 0°C پر برف کا حجم مخصوصہ 1·091 مکعب سنٹی میٹر ہے اور ایک کرہ ہوائی دباؤ $1{\cdot}013 \times 10^6$ ارگ فی مربع سنٹی میٹر کے برابر ہے ۔

برف کی مخفی حرارت $= L = 79.6$ (کلوری)

$= 79{\cdot}6 = 4{\cdot}2 \times 10^7$ (ارگ)

برف کا ٹمپریچر $= T = 0 + 273 = 273^\circ A$

پانی کا حجم مخصوصہ $= v_1 = 1$ c.c.

$$\text{برف کا حجم مخصوصہ} = v_2 = 1{\cdot}091$$

$$dT = -1°C$$

$$\because \quad \frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)}$$

$$\therefore \quad \frac{dp}{-1} = \frac{79{\cdot}6 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}{273(1 - 1{\cdot}091)}$$

$$dp = \frac{79{\cdot}6 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}{273 \times 0{\cdot}091} \text{ (ڈائن)}$$

$$\because \quad \text{1 کرہ ہوائی} = 1{\cdot}013 \times 10^6 \text{ ڈائن}$$

$$\therefore \quad dp = \frac{79{\cdot}6 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}{273 \times 0{\cdot}091 \times 1{\cdot}013 \times 10^6}$$

$$= 132{\cdot}8 \text{ (کرہ ہوائی)}$$

Example 8. Calculate the latent heat of ice given that change of pressure of 1 atmosphere changes the melting point of ice by 0·0074°C and when 1 gram of ice melts, volume changes by 0·0907 c.c.

برف کی مخفی حرارت دریافت کرو جب کہ یہ معلوم ھے کہ دباؤ کی ایک کرہ ہوا کی تبدیلی سے برف کے پگھلاؤ کے درجے میں 0·0074°C کی تبدیلی آ جاتی ھے اور جب ایک گرام برف پگھلتی ھے تو اس کا حجم 0·0907 مکعب سنٹی میٹر کے بقدر بدل جاتا ھے۔

$$\text{برف کی مخفی حرارت} = L$$

$$\text{برف کا پگھلاؤ کا درجہ} = T = 0 + 273 = 273°A$$

$$\text{حجم کی تبدیلی} = v_2 - v_1 = 0{\cdot}0907$$

$$\text{دباؤ کی تبدیلی} = dp = \text{1 کرہ ہوائی}$$

$$= 76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \text{ (ڈائن)}$$

ٹمپریچر کی تبدیلی $= dT = 0 \cdot 0074°C$

$$\therefore \quad \frac{L}{T(v_2 - v_1)} = \frac{dp}{dT}$$

$$\therefore \quad \frac{L}{273 \times 0 \cdot 0907} = \frac{76 \times 13 \cdot 6 \times 981}{0 \cdot 0074}$$

یا $L = \frac{273 \times 0 \cdot 0907 \times 76 \times 13 \cdot 6 \times 981}{0 \cdot 0074}$ (ارگ)

یا $= \frac{273 \times 0 \cdot 0907 \times 76 \times 13 \cdot 6 \times 981}{0 \cdot 0074 \times 4.2 \times 10^7}$ (کلوری)

$= 80 \cdot 79$ کلوری

Example 9. The specific volumes of water and saturated steam at 100°C are 1 c.c. and 1601 c.c. respectively, and the latent heat of vaporisation is 536 calories per gram. Find the change in temperature of the boiling point due to a change of pressure of 1 cm. of mercury.

پانی اور سیر شدہ بھاپ کا حجم مخصوصہ 100°C ٹمپریچر پر بالترتیب 1 مکعب سنٹی میٹر ھے اور 1601 مکعب سنٹی میٹر ھے اور پانی کی تبخیر کی مخفی حرارت 536 کلوری فی گرام ھے تو پارے کے ایک سنٹی میٹر دباؤ کی تبدیلی سے پیدا ھونے والے ٹمپریچر کی تبدیلی معلوم کرو۔

تبخیر کی مخفی حرارت $= L = 536$ (کلوری)

$= 536 \times 4 \cdot 2 \times 10^7$ (ارگ)

بھاپ کا ٹمپریچر $= T = 100 + 273 = 373°A$

پانی کا حجم مخصوصہ $= v_1 = 1$ c.c.

بھاپ کا حجم مخصوصہ $= v_2 = 1601$ c.c.

$$\text{پارے کا 1 سم} = dp = \text{دباؤ کی تبدیلی}$$
$$= 1 \times 13{\cdot}6 \times 981 \text{ (ڈائن)}$$

$$\text{ٹمپریچر کی تبدیلی} = dT_1$$

$$\because \quad \frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(v_2 - v_1)}$$

$$\therefore \quad \frac{13{\cdot}6 \times 981}{dT} = \frac{536 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}{373(1601-1)}$$

یا

$$dT = \frac{373 \times 1600 \times 13{\cdot}6 \times 981}{536 \times 4{\cdot}2 \times 10^7}$$
$$= 0{\cdot}362°C$$

سوالات

Q. 1. State the second law of thermo-dynamics as stated by Kelvin and Clausius. How will you prove that Kelvin's law and Clausius's law are really two forms of the same law ?

حرارتی حرکیات کا دوسرا قانون جس طرح آپ کیلون اور کلاسیئس نے پیش کیا تھا ، بیان کیجیے- آپ کس طرح ثابت کریں گے کہ کیلون کا قانون اور کلاسیئس کا قانون دراصل ایک ھی قانون کے دو روپ ھیں؟

Q. 2. Give an account of Carnot engine and explain the four stages of its working.

کارنو انجن کا حال بیان کیجیے اور اس کے عمل کی چاروں اسٹیجوں کی وضاحت کیجیے -

Q. 3. Show that the work done by a Carnot engine during its cycle is equal to the difference between the quantity of heat absorbed by it from the hot body and the quantity of heat rejected by it to the cold body.

ثابت کیجیے کہ ایک دور میں کارنو انجن کا کیا ھوا کام حرارت کی ان مقداروں کے فرق کے برابر ھوتا ھے جسے وہ گرم جسم سے حاصل کرتا ھے اور سرد جسم کو خارج کرتا ھے -

Q. 4. What is meant by the efficiency of a Carnot engine ? Show that the efficiency of the Canrot engine working between the temperatures T_1 and T_2 is equal to $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$

کارنو انجن کی کارکردگی سے کیا مراد ھے ؟ ثابت کیجیے کہ ٹمپریچر T_1 اور ٹمپریچر T_2 کے درمیان عمل کرنے والے کارنو انجن کی کارکردگی $\frac{T_1 - T_2}{T}$ کے برابر ھوتی ھے ۔

Q. 5. Prove the relation

$$\eta = 1 - \left[\frac{1}{\rho}\right]^{\gamma - 1}$$

where η is the efficiency of a Carnot engine, ρ is the adiabatic expansion of its working substance and γ is the ratio between the specific heat at constant pressure and the specific heat at constant volume of the working substance ?

مندرجہ ذیل تعلق کو ثابت کیجیے

$$\eta = 1 - \left[\frac{1}{\rho}\right]^{\gamma - 1}$$

جب کہ کارنو انجن کی کارکردگی η ھو ، اس کی کارکن شے کا حرارت ناگزار پھیلاؤ ρ ھو اور اس کی کارکن شے کے لیے مستقل دباؤ پر حرارت مخصوصہ اور مستقل حجم پر حرارت مخصوصہ کی باھمی نسبت γ ھو ۔

Q. 6. How would you prove that of all the engines working between the same two temperatures, the Carnot engine has the maximum efficiency?

آپ کس طرح ثابت کریں گے کہ دو ٹمپریچروں کے درمیان عمل کرنے والے تمام انجنوں میں سے کارنوانجن کی کارکردگی سب سے زیادہ ھوتی ھے ؟

Q. 7. Show that no engine can have a greater efficiency than a Carnot engine, working between the same higher and lower temperatures.

ثابت کیجیے کہ کسی انجن کی کار کردگی کارنوانجن سے زیادہ نہیں ہو سکتی جب کہ وہ دونوں ایک ہی اونچے اور نیچے ٹمپریچروں کے درمیان سر گرم کار ہوں ۔

Q. 8. State Carnot's theorem and prove it from the second law of thermo-dynamics.

کارنو کا کلیہ بیان کرو اور حرارتی حر کیات کے دوسرے قانون سے اس کو ثابت کرو ۔

Q. 9. Distinguish between a reversible and an irreversible process. Illustrate your answer with examples.

ایک رجعت پذیر عمل اور ایک غیر رجعت پذیر عمل کے درمیان فرق بیان کرو اور اپنے جواب کی وضاحت مثالوں سے کرو ۔

Q. 10. Explain Carnot engine. Show that the efficiency of a Carnot engine depends only on the temperatures of its hot and cold bodies and is independent of the nature of its working substance.

کارنو انجن کی تشریح کیجیے ۔ ثابت کیجیے کہ ایک کارنو انجن کی کار کردگی صرف اس کے گرم جسم اور اس کے ٹھنڈے جسم کے ٹمپریچروں پر مبنی ہوتی ہے اور اس کا کچھ تعلق اس کی کار کن شے کی نوعیت پر نہیں ہوتا ۔

Q. 11. Explain what you understand by a thermo-dynamic scale of temperature or work scale temperature. Prove that it agrees with the perfect gas scale.

ٹمپریچر کے حرارتی حر کیاتی پیمانے یا کام کے پیمانے سے کیا مراد ہے؟ ثابت کرو یہ پیمانہ کامل گیس کے پیمانے سے مطابقت رکھتا ہے ۔

Q. 12. State and prove Clausius-Clapeyron equation Describe how the boiling point of a liquid and the melting point of a solid are affected by change of pressure.

کلاسیئس کلاپے رون مساوات بیان کرکے اسے ثابت کرو اور یہ بتاؤ کہ کسی مائع کے نقطۂ جوش اور کسی ٹھوس کے پگھلاؤ کے درجے پر دباؤ کی تبدیلی کا اثر کیا ہوتا ہے ۔

بارھواں باب

ناکارگی یا این ٹراپی

(ENTROPY)

جب جرمنی کا مشہور سائنس دان کلاسیئیس (Clausius) حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے مسائل کی چھان بین کر رھا تھا اور طبیعیات میں اس نئے باب کا اضافہ کر رھا تھا تو اس کو ایک نئی مقدار کی ضرورت محسوس ھوئی جو عام مروجہ مقداروں مثلاً ٹمپریچر، دباؤ حجم اور اندرونی توانائی (Internal energy) کے ساتھ ساتھ کسی شے کی حالت کو متعین کرنے میں معاون ھو سکے ۔ چنانچہ اس ضرورت کے ماتحت اس نے 1854ء میں طبیعیات میں ایک نئی اصطلاح کا اضافہ کیا جو این ٹراپی (Entropy) یا ناکارگی کہلاتی ہے ۔

اس نئی اصطلاح کی ضرورت متعدد وجوہ سے پیدا ھوئی ، مثلاً حرارتی انجنوں کی صورت میں حرارت کا کام میں تبادلہ بلاشبہ ایک اھم اور بنیادی مسئلہ ھے جس کی چھان بین کرنا ضروری ھے لیکن اس کے ساتھ ھی یہ تحقیقات بھی کچھ کم اھم نہیں ھے کہ اس تبادلے کے دوران میں اصل کارکن شے کی حرارتی حالت (Thermal condition) میں کیا تبدیلی آتی ھے ۔ کیونکہ بالآخر یہ کارکن شے ھی ھے جو انجن کے ھر دور (Cycle) میں حرارتی حرکیاتی تبدیلی(Thermo-dynamic change) میں سے گزرتی ھے۔ این ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی کی اس نئی اصطلاح میں یہ خصوصیت پورے طور پر موجود تھی کہ وہ کارکن شے کی حرارتی حرکیاتی حالت (Thermo-dynamic state) کو بیان کر سکے ۔ اس وجہ سے اس اصطلاح کے رائج کرنے کے بعد حرارتی حرکیات کے متعدد مسائل کو سمجھنے میں بڑی مدد ملی اور اس طرح این ٹراپی

(Entropy) یعنی ناکارگی کی اس اصطلاح کو حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) میں ایک اہم مقام مل گیا - علاوہ ازیں جب کسی انجن کے ذریعے حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے دوسرے قانون کے ماتحت حرارت کا تبادلہ کام میں ہو رہا ہو تو بات محض اس تبادلہ پر ہی ختم نہیں ہو جاتی بلکہ یہ دیکھنا بھی ضروری ہو جاتا ہے کہ اس تبادلے کی سمت کیا ہے - اس سمت کا تعین کرنے میں بھی این ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی کی اصطلاح سے بڑی مدد ملتی ہے -

این ٹراپی (Entropy) کی اہمیت ایک اور نکتے سے بھی ظاہر ہوتی ہے - جب ہم دباؤ اور حجم کے گراف میں متعدد ہم تپش خط (Isothermals) کھینچتے ہیں تو ہر ہم تپش خط کا درجہ اس کے ٹمپریچر سے متعین ہوتا ہے اور ٹمپریچر کے فرق ہی سے ایک ہم تپش خط کو دوسرے ہم تپش خط سے تمیز کیا جا سکتا ہے - اس طرح ان دونوں میں ایک واضح فرق قائم ہو جاتا ہے اور ہر ہم تپش خط (Isothermal) کا ایک مقام متعین ہو جاتا ہے جو دوسرے ہم‌تپش خط سے مختلف ہوتا ہے - اس کی وجہ یہ ہے کہ ہر ہم تپش خط کا ایک واضح ٹمپریچر ہوتا ہے جو اس خط کے اوپر کہیں بھی بدلنے نہیں پاتا اور اس وجہ سے وہ اس خط کے ساتھ ایک گہری مناسبت رکھتا ہے -

اب دباؤ اور حجم کے اس گراف پر بعض خط اور بھی ہوتے ہیں جو حرارت ناگزار خط (Adiabatics) کہلاتے ہیں- ان خطوں پر ٹمپریچر بدلتا رہتا ہے ، اس وجہ سے ان کی باہمی تمیز ٹمپریچر سے نہیں کی جا سکتی - مگر ان میں سے ہر خط کا درجہ مقرر کرنے کے لیے آخر ایک ایسی مقدار کا ہونا ضروری ہے جو اس حرارت ناگزار خط (Adiabatics) کے ساتھ ساتھ تبدیل نہ ہو جس طرح ایک ہم تپش خط (Isothermal) کے تھا۔ ٹمپریچر تبدیل نہیں ہوتا - این ٹراپی (Entropy) یا ناکارگی ایسی مقدار ہے جو حرارت ناگزار خط(Adiabatic) کے ساتھ نہیں بدلتی اور اس وجہ سے اس کا رشتہ حرارت ناگزار خط (Adiabatic) سے وہی ہو جاتا ہے جو ٹمپریچر کا ہم تپش خط (Isothermal) کے ساتھ ہوتا ہے - چنانچہ جس طرح ہم ہر ہم تپش خط کے متعلق یہ کہہ کر اس کی پہچان اس

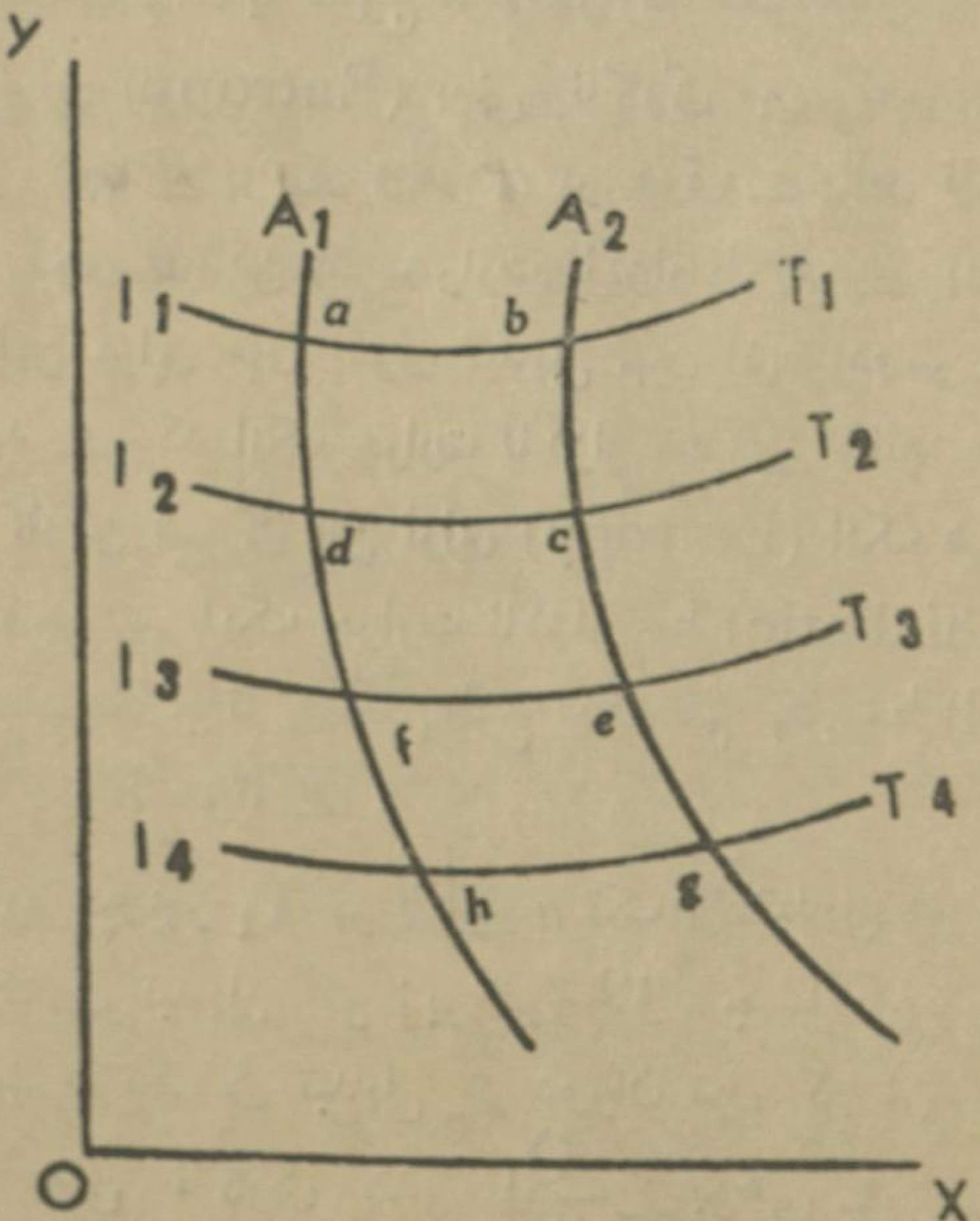
قسم کے دوسرے خطوں سے کر لیتے ھیں کہ یہ فلاں ٹمپریچر کا ھم تپش خط (Isothermal) ھے ، اس طرح ھم ایک حرارت ناگزار خط (Adiabatic) کے متعلق یہ کہہ سکتے ھیں کہ یہ فلاں ابن ٹراپی (Entropy) کا حرارت ناگزار خط ھے اور اس طریقے سے اس کی تمیز اس قسم کے دیگر خطوں سے کر لیتے ھیں ۔

این ٹراپی (Entropy) یا ناکارگی کی یہ نئی اصطلاح ایک خاص طبعی مقدار (Physical quantity) کو ظاھر کرتی ھے جو ٹمپریچر یا دباؤ یا حجم کی طرح ایک حقیقی مقدار ھے لیکن اس کے ساتھ ھی یہ بھی ماننا پڑتا ھے کہ ٹمپریچر یا دباؤ یا حجم کو جس طرح ھم مختلف حواس سے صاف طور پر محسوس کر سکتے ھیں اور اس طرح ان مقداروں کا ایک واضح تصور ھمارے ذھن میں آجاتا ھے، این ٹراپی (Entropy) یا ناکارگی میں یہ بات نہیں ھے ۔ اس مقدار کو ھم اپنے حواس سے محسوس نہیں کر سکتے اور اس وجہ سے ھمیں اپنے ذھن میں اس کا ایک واضح تصور قائم کرنا کافی مشکل ھو جاتا ھے ۔ لیکن اس کے باوجود این ٹراپی (Entropy) ایک حقیقی اور اھم مقدار ھے جسے حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) میں بنیادی حیثت حاصل ھے ۔

این ٹراپی (Entropy) یا ناکارگی کی اس اصطلاح کو سمجھنے کے لیے عام مروجہ طریقہ تو یہ ھو سکتا تھا کہ ھم پہلے اس کی تعریف لکھتے اور پھر اس تعریف کی روشنی میں اس کی تشریح کرتے ۔ لیکن این‌ٹراپی (Entropy) کے مشکل تصور کے باعث یہ طریقہ زیادہ سودمند نہیں‌ھو سکتا ۔ کیونکہ این ٹراپی (Entropy) کا پورا پس منظر بیان کیے بغیر محض اس کی لفظی تعریف سے اس اصطلاح کے معنی سمجھائے نہیں جا سکتے۔ اس وجہ سے ھم پہلےایسے عملوں کا ذکر کرینگے جن میں این‌ٹراپی (Entropy) یا ناکارگی سادہ طریقے سے تبدیل ھوتی ھے ۔ اور پھر ان عملوں کی روشنی‌میں این ٹراپی کا مفہوم بیان کرنے کی کوشش کریں گے۔

این ٹراپی (Entropy) **یا ناکارگی اور حرارت ناگزار خط** (Adiabatics) ۔ دباؤ اور حجم کے گراف میں I_1 ، I_2 ، I_3 اور I_4

هم تپش خط (Isothermals) هیں جو بالترتیب ٹمپریچر T_1 ، T_2 ، T_3 اور T_4 کے لیے کھینچے گئے هیں ۔ A_1 اور A_2 دو حرارت ناگزار خط (Adiabatics) هیں جن میں سے پہلا حرارت ناگزار خط A_1 ان هم تپش خطوں (Isothermals) کو بالترتیب *a* ، *d* ، *f* اور *h* پر قطع کرتا هے اور دوسرا حرارت ناگزار خط A_2 ان هم تپش خطوں کو بالترتیب *b* ، *c* ، *e* اور *g* ، پر کاٹتا هے ۔ اس طریق سے شکل میں *abcd* کارنو انجن کے ایک دور کو ظاهر کرتا هے ۔ جب کارنو انجن میں استعمال هونے والی گیس ٹمپریچر T_1 پر *a* کی حالت سے پھیل کر *b* کی حالت تک جاتی هے تو وہ ٹمپریچر T_1 پر حرارت Q_1 جذب کرتی هے ۔ اس وقت کہا جاتا هے کہ اس کی این ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی بقدر $\frac{Q_1}{T_1}$ کے بڑھ گئی



هے ۔ جب یہ گیس حرارت ناگزار طریقے (Adiabatically) سے پھیل کر حالت *b* سے حالت *c* تک جاتی هے تو چونکہ اس تبدیلی کے دوران میں یہ گیس نہ کوئی حرارت جذب کرتی هے اور نہ اسے خارج کرتی هے ، اس

لیے جذب شدہ یا خارج شدہ حرارت Q کی قیمت صفر ہو جاتی ہے جو $\frac{Q}{\text{ٹمپریچر}}$ کو بھی صفر کر دیتی ہے جس کے معنی یہ ہیں کہ کارنو دور (Cycle) کے اس دوسرے حصے کے دوران میں گیس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی میں کوئی تبدیلی نہیں آتی - وہ این ٹراپی جو کچھ b حالت میں ہے وہی c حالت میں ہوتی ہے - جب یہ گیس کارنو دور (Cycle) کے تیسرے حصے میں ٹمپریچر T_2 پر حالت c سے سکڑ کر حالت d تک جاتی ہے تو یہ حرارت Q_2 کو خارج کرتی ہے اس لیے اس کی این ٹراپی (Entropy) بقدر $\frac{Q_2}{T_2}$ کے گھٹ جاتی ہے - کارنو دور کے چوتھے حصے میں گیس حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) سکڑتی ہے۔ اس لیے اس کی جذب شدہ یا خارج شدہ حرارت صفر ہوتی ہے اور اس وجہ سے اس کی این‌ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی میں کچھ فرق نہیں آتا - یہ‌این ٹراپی جو کچھ d پر ہے وہی a پر ہوتی ہے۔ اس تفصیل سے ظاہر ہے کہ جب کوئی کارکن شے حرارت ناگزار طریقے سے پھیلتی یا سکڑتی ہے تو اس کی این ٹراپی میں کوئی تبدیلی نہیں آتی - دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ ایک حرارت ناگزار خط کے ساتھ ساتھ پھیلنے یا سکڑنے پر اس کارکن شے کی این ٹراپی (Entropy) ایک ہی قیمت پر قائم رہتی ہے - اس وجہ سے ایک حرارت ناگزار خط (Adiabatic) کو یکساں این ٹراپی کا خط سمجھا جاتا ہے جس طرح ایک ہم تپش خط (Isothermal) یکساں ٹمپریچر کا خط ہوتا ہے -

اب دوبارہ ٹمپریچر T_1 پر b سے a تک کی تبدیلی کو اور ٹمپریچر T_2 پر c سے d تک کی تبدیلی کو زیر غور لاؤ - جیسا کہ پہلے بیان کیا جاچکا ہے a سے b تک کی تبدیلی کے دوران میں کارکن شے کی این‌ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی بقدر $\frac{Q_1}{T_1}$ کے بڑھتی ہے اور c سے d تک کی تبدیلی میں وہ بقدر $\frac{Q_2}{T_2}$ کے کم ہوتی ہے - چونکہ کارنو انجن کے لیے جیسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ہے۔

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{T_1}{T_2}$$

$$\therefore \quad \frac{Q_1}{T_1}=\frac{Q_2}{T_2}$$

اس کا مطلب یہ ہے کہ کار کن شے کے a سے b تک پھیلنے کے دوران میں اس کی این ٹراپی (Entropy) جتنی بڑھتی ہے، c سے d تک سکڑنے کے دوران میں وہ بالکل اتنی ہی گھٹ جاتی ہے -

اس شکل میں $dcfe$ ایک اور کارنو دور ہے - اس میں جب کار کن شے d حالت سے c حالت تک پھیلتی ہے تو کارنو دور کے کامل رجعت پذیر (Reversible) ہونے کے باعث وہ ٹمپریچر T_2 پر حرارت Q_2 جذب کرتی ہے اور حالت d سے حالت c تک جانے میں اس کی این‌ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی بقدر $\frac{Q_2}{T_2}$ کے بڑھ جاتی ہے - اسی کارنو دور میں e سے f تک جانے میں کار کن شے کی این‌ٹراپی بقدر $\frac{Q_3}{T_3}$ کے گھٹتی ہے جب کہ

$$\frac{Q_2}{T_2}=\frac{Q_3}{T_3}$$

اسی طرح تیسرے کارنو دور $fegh$ میں بھی f سے e حالت میں آنے پر کار کن شے ٹمپریچر T_3 پر حرارت Q_3 جذب کرتی ہے اور اس کی این ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی بقدر $\frac{Q_3}{T_3}$ کے بڑھ جاتی ہے - اسی کارنو دور میں جب وہ g سے h حالت میں جاتی ہے تو وہ ٹمپریچر T_4 پر حرارت Q_4 خارج کرتی ہے اور اس کی این ٹراپی (Entropy) بقدر $\frac{Q_4}{T_4}$ کے گھٹ جاتی ہے جب کہ

$$\frac{Q_3}{T_3}=\frac{Q_4}{T_4}$$

اس لیے

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_3}{T_3} = \frac{Q_4}{T_4}$$

$$\frac{Q}{T} = \text{ایک مستقل} =$$

اس ساری بحث سے مندرجہ ذیل امور ظاہر ہوتے ہیں ۔

ایک حرارت ناگزار خط (Adiabatic) **پر این ٹراپی** (Entropy) **یعنی لاکارگی کی قیمت یکساں رہتی ہے ۔** مثلاً اس شکل میں اگر حرارت ناگزار خط A_1 پر گیس کی این ٹراپی ϕ_1 ہو تو اس خط کے ساتھ ساتھ وہ ہرمقام پر ϕ_1 ہی رہے گی ۔ اسی طرح اگر دوسرے حرارت ناگزار خط A_2 پر گیس کی این ٹراپی ϕ_2 ہو تو اس خط پر ہر جگہ وہ ϕ_2 ہی ہوگی ۔

جب کار کن شے ایک حرارت ناگزار خط (Adiabatic) پر سے دوسرے حرارت ناگزار خط پر جائے تو یہ تبدیلی خواہ کسی بھی ٹمپریچر پر واقع ہو اس سے پیدا ہونے والی این ٹراپی (Entropy) کی تبدیلی ہمیشہ ایک سی ہوتی ہے ۔ چنانچہ اوپر کی مثال میں جب گیس حرارت ناگزار خط A_1 سے حرارت ناگزار خط A_2 کی طرف جاتی ہے تو این ٹراپی (Entropy) کی تبدیلی مختلف صورتوں میں $\frac{Q_1}{T_1}$ یا $\frac{Q_2}{T_2}$ یا $\frac{Q_3}{T_3}$ یا $\frac{Q_4}{T_4}$ ہوتی ہے ۔ مگر چونکہ یہ سب مقداریں آپس میں برابر ہیں اس لیے این ٹراپی کی تبدیلی ان تمام حالتوں میں ایک ہی رہتی ہے جس کو $\frac{Q}{T}$ سے تعبیر کیا جا سکتا ہے ۔ پس

$$\phi_1 - \phi_2 = \frac{Q}{T}$$

این ٹراپی کا فرق (کیلکولس کی زبان میں) ۔ اگر حرارت ناگزار خط A_1 کے نہایت قریب ایک اور حرارت ناگزار خط A_1' ہو اور ٹمپریچر T پر پہلے خط سے دوسرے خط تک جانے میں حرارت dQ جذب یا

خارج ہوتی ہو تو ان دونوں خطوں کے درمیان این ٹراپی (Entropy) کی تبدیلی $d\phi$ ذیل کی مساوات سے ظاہر ہے ۔

$$d\phi = \frac{dQ}{T}$$

اب اگر حرارت ناگزار خط A_1 پر این ٹراپی ϕ_1 ہو اور حرارت ناگزار خط A_2 پر این ٹراپی ϕ_2 ہو اور کار کن شے خط A_1 پر حالت a_1 سے خط A_2 پر حالت a_2 میں منتقل ہوتی ہو تو

$$\int_{\phi_2}^{\phi_1} d\phi = \int_{a_2}^{a_1} \frac{dQ}{T}$$

$$\therefore \quad \phi_1 - \phi_2 = \int_{a_2}^{a_1} \frac{dQ}{T}$$

کارنو انجن کے پورے دور میں این ٹراپی (Entropy) کی تبدیلی - کارنو انجن کے پہلے جھٹکے میں جب گیس ٹمپریچر T_1 پر ہم تپش طور پر (Isothermally) پھیلتی ہے تو وہ حرارت Q_1 جذب کرتی ہے جس کے باعث اس کی این ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی بقدر $\frac{Q_1}{T}$ کے بڑھ جاتی ہے ۔ دوسرے اور چوتھے جھٹکے میں گیس پر حرارت ناگزار تبدیلیاں (Adiabatic changes) واقع ہوتی ہیں ۔ اس لیے ان دونوں جھٹکوں میں اس کی این ٹراپی (Entropy) میں کچھ فرق نہیں آتا ۔ البتہ تیسرے جھٹکے میں جب وہ ٹمپریچر T_2 پر حرارت Q_2 خارج کرتی ہے تو اس کی این ٹراپی میں $\frac{Q_2}{T_2}$ کی کمی ہوتی ہے ، اس لیے کارنو انجن کے پورے دور میں این ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی کی تبدیلی

$$= \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\therefore \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

یا

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

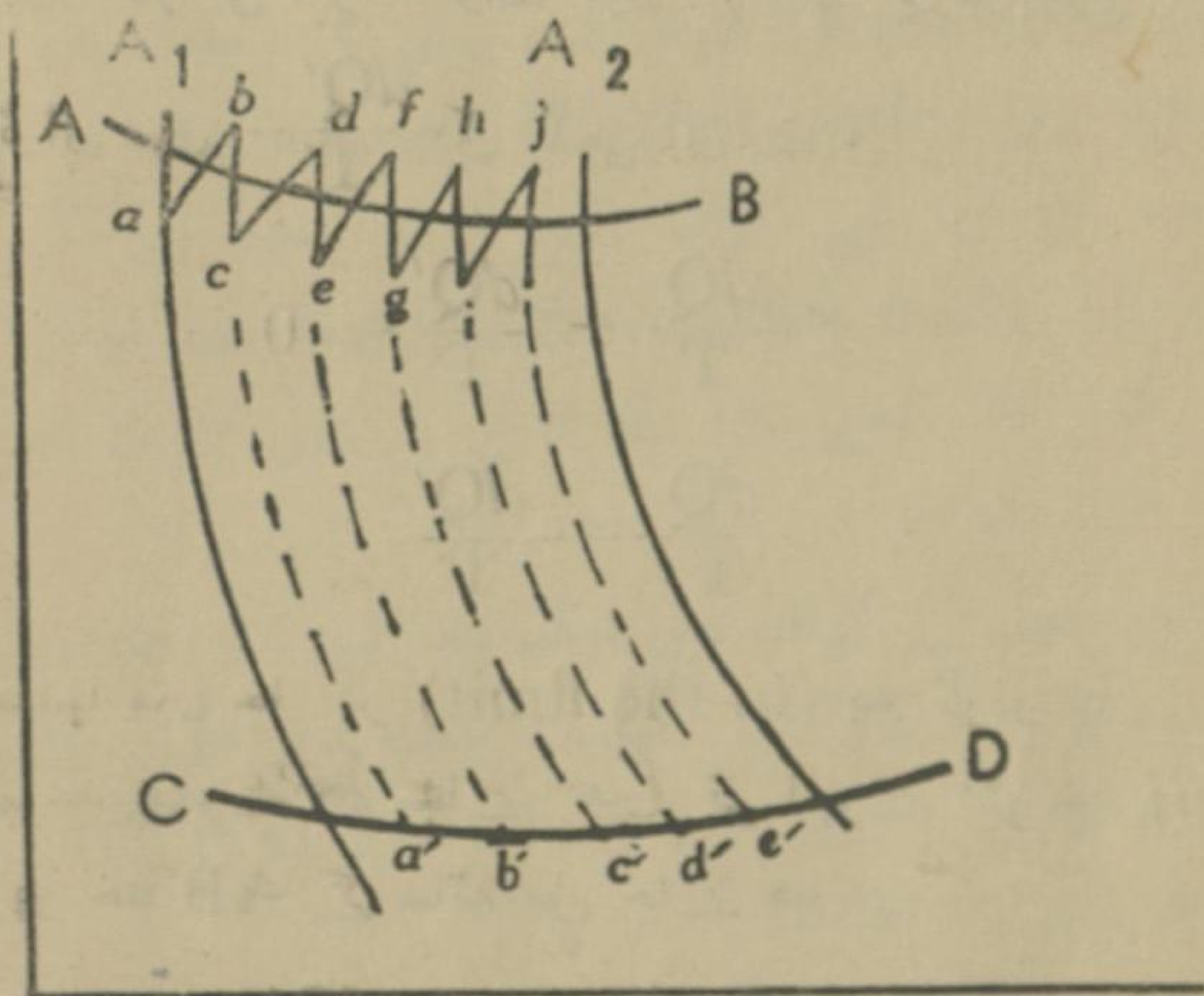
$$\therefore \quad \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ **کارنو انجن کے پورے دور میں این ٹراپی (Entropy) کی تبدیلی صفر ہوتی ہے** - یعنی اس دور کے خاتمے پر کار کن شے کی این ٹراپی (Entropy) وہی ہوتی ہے جو اس دور کے شروع میں ہوتی ہے -

دو حرارت ناگزار خطوں (Adiabatics) کے درمیان کارکن شے کی این ٹراپی (Entropy) کی تبدیلی کا انحصار اس راستے پر نہیں ہوتا جس پر سے وہ کارکن شے ایک خط سے دوسرے خط پر آتی ہے - اس سے پہلے یہ بیان کیا جا چکا ہے کہ جب کوئی کارکن شے کسی ہم تپش خط (Isothermal) کے ساتھ ساتھ ایک حرارت ناگزار خط (Adiabatic) A_1 سے ایک اور حرارت ناگزار خط (Adiabatic) A_2 تک جاتی ہے تو اس کی این ٹراپی کی تبدیلی کی قیمت ایک ہی رہتی ہے - خواہ ہم تپش خط کا ٹمپریچر کوئی سا بھی لیا جائے - دوسرے لفظوں میں کارکن شے حرارت ناگزار خط A_1 سے حرارت ناگزار خط A_2 تک خواہ T_1 ٹمپریچر کے ہم تپش خط (Isothermal) پر سے جائے یا وہ T_2 ٹمپریچر کے ہم تپش خط پر سے جائے، دونوں صورتوں میں اس میں این ٹراپی (Entropy) یا ناکارگی کی تبدیلی بالکل برابر ہوتی ہے - لیکن حقیقت میں اس پر بس نہیں ہے بلکہ کارکن شے پہلے حرارت ناگزار خط (Adiabatics) A_1 سے دوسرے حرارت ناگزار خط A_2 پر خواہ کسی ایسے راستے پر بھی جائے جو کسی خاص ٹمپریچر کا ہم تپش خط (Isothermal) نہ ہو تو بھی اس میں این ٹراپی کی تبدیلی بالکل وہی ہوتی ہے جو کسی ہم تپش خط پر سے جانے کی صورت میں ہوتی ہے -

فرض کرو کہ کار کن شے حرارت ناگزار خط A_1 سے حرارت ناگزار خط A_2 پر ایک ایسے راستے AB سے جاتی ھے جو ھم تپش خط (Isothermal) نہیں ھے۔ اس شکل کے نیچے کے حصے میں CD ایک ایسا خط کھینچو جو ٹمپریچر 'T کا ھم تپش خط (Isothermal) ھو۔

خط AB کو چھوٹے چھوٹے ٹکڑوں *ab* ، *bc* ، *cd* ، *de* ، *ef* ، *fg* ، *gh* ، *hi* ، *ij* وغیرہ کا بنا ھوا تصور کرو جن میں *ab* ایک



ھم تپش ٹکڑا ھو، *bc* ایک حرارت ناگزار ٹکڑا ھو، *cd* ایک ھم تپش ٹکڑا ھو، *de* ایک حرارت ناگزار ٹکڑا ھو، *ef* ایک ھم تپش ٹکڑا ھو، *fg* ایک حرارت ناگزار ٹکڑا ھو، اسی طرح پورا خط AB باری باری ھم تپش ٹکڑوں اور حرارت ناگزار ٹکڑوں میں بٹا ھوا ھو۔ یہ ٹکڑے لہریے دار خط *abcdefghi* سے ظاھر ھیں ۔ اس صورت میں یہ سمجھا جائے گا کہ خط A_1 سے خط A_2 تک کار کن شے کا گزر جو حقیقی طور پر AB کے ساتھ ھو رھا ھے، عملی طور پر *abcdefghij* کے ساتھ ھو رھا ھے۔ جب کہ *ab* ، *bc* ، *cd* وغیرہ بے حد چھوٹے چھوٹے ٹکڑے ھیں ۔ ان میں سے حرارت ناگزار ٹکڑوں *bc* ، *de* ، *fg* اور *hi* وغیرہ کو نقطہ دار خطوط کے ساتھ اس طور سے بڑھاؤ کہ وہ نیچے کے ھم تپش خط CD کے ساتھ نقاط *a'* ، *b'* ، *c'* ، *d'* ، *e'* پر مل جائیں ۔ اس طرح ھمیں

چھوٹے چھوٹے کارنو دور (Carnot cycles) $abb'a'$ ، $cdc'b'$ وغیرہ حاصل ہو جاتے ہیں ۔ ان میں پہلے کارنو دور کو زیر غور لاؤ ۔ اگر اس دور میں ہم تپش ٹکڑے ab پر جس کا ٹمپریچر T ہے ، کارکن شے پھیلنے سے حرارت dQ جذب کرتی ہے تو اس کی این ٹراپی میں $\frac{dQ}{T}$ کی زیادتی ہوتی ہے ۔ اسی دور میں جب ہم تپش ٹکڑے $b'a'$ پر جس کا ٹمپریچر T' ہے، کارکن شے سکڑنے میں حرارت dQ' خارج کرتی ہے تو اس کی این ٹراپی میں $\frac{dQ'}{T'}$ کی کمی آتی ہے ۔

$$\because \quad \frac{dQ}{T} - \frac{dQ'}{T'} = 0$$

$$\therefore \quad \frac{dQ}{T} = \frac{dQ'}{T'}$$

جب منتہا میں جا کر (in the limit) یہ کارنو دور (Carnot cycles) بے حد چھوٹے ہو جاتے ہیں تو لہریے دار خط $abcdefghij$ پورے طور پر خط AB کے ساتھ مل جاتے ہیں ۔

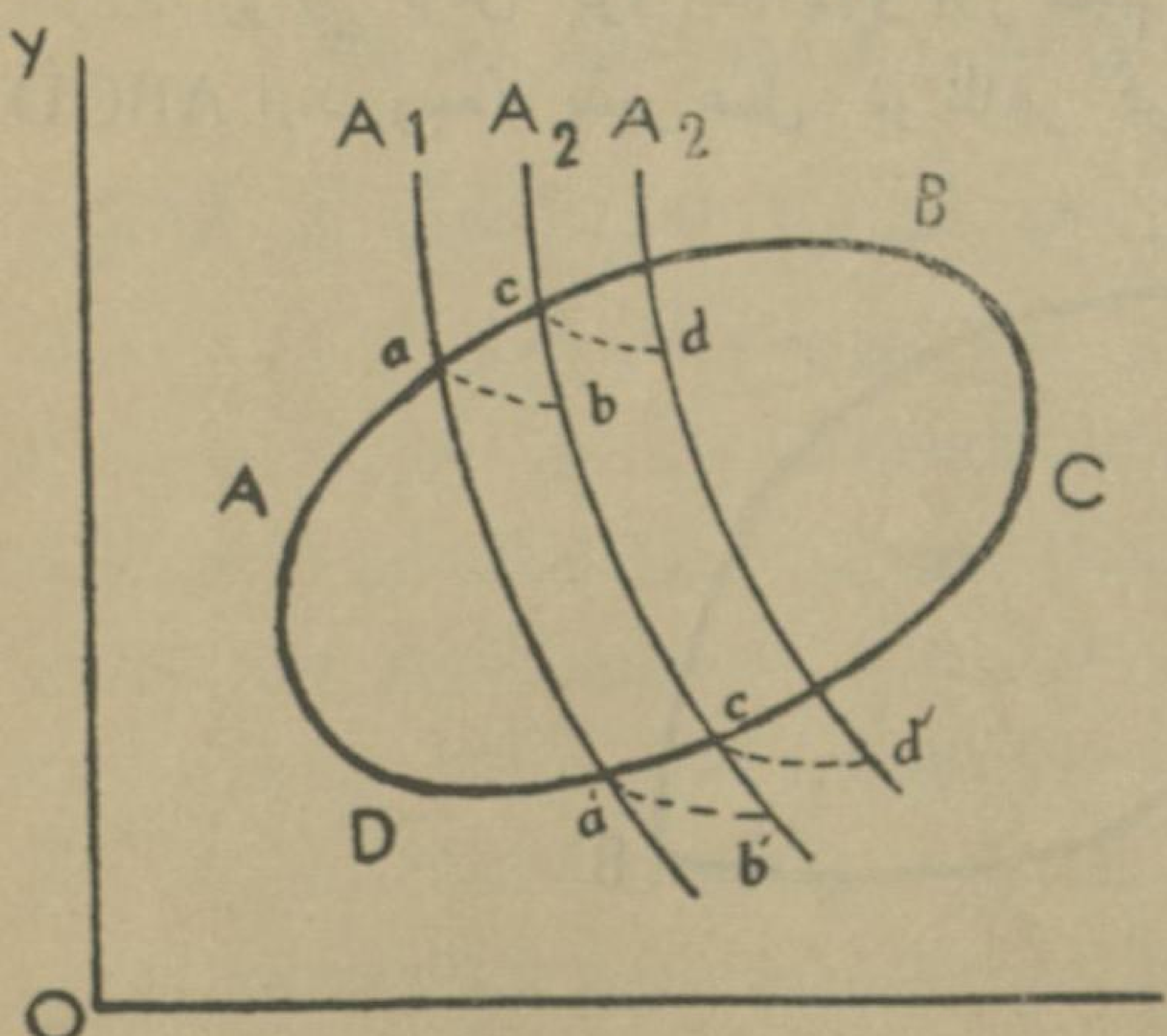
$$\therefore \quad \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{dQ'}{T'}$$

چونکہ $\int \frac{dQ'}{T'}$ این ٹراپی (Entropy) کی وہ تبدیلی ہے جو ایک ہم تپش خط CD کے ساتھ چلنے سے ہوتی ہے اور $\int \frac{dQ}{T}$ این ٹراپی (Entropy) کی وہ تبدیلی ہے جو ایک غیر ہم تپش خط پر چلنے سے ہوتی ہے اور یہ دونوں تبدیلیاں باہم برابر ہیں ، اس سے ثابت ہوتا ہے کہ دو حرارت ناگزار خطوں (Adiabaties) کے درمیان کارکن شے کی این ٹراپی (Entropy) کی تبدیلی کا انحصار اس راستے پر نہیں ہوتا جس پر سے وہ کارکن شے ایک خط سے دوسرے خط پر آتی ہے ۔ چنانچہ یہ راستہ خواہ ایک ہم تپش خط کی صورت میں ہو یا کسی اور

خط کے ساتھ ہو جو ہم تپش خط نہ ہو تو این ٹراپی کی تبدیلی $(\phi_1 - \phi_2)$ ہر صورت میں یکساں ہوتی ہے ۔

کسی رجعت پذیر دور (Reversible cycle) کے خاتمے پر این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی ۔ یہ ثابت کیا جا چکا ہے کہ ایک کارنو دور (Carnot cycle) کے خاتمے پر این ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی کی تبدیلی صفر ہوتی ہے ۔ ہر کارنو دور بلاشبہ ایک رجعت پذیر دور (Reversible cycle) ہوتا ہے ، لیکن ہر رجعت پذیر دور لازمی طور پر کارنو دور (Carnot cycle) نہیں ہوتا ۔ اب ہمیں یہ دیکھنا ہے کہ جب کارکن شے ایک ایسے دور میں سے گزرتی ہے جو رجعت پذیر دور (Reversible cycle) تو ہوتا ہے لیکن کارنو دور نہیں ہوتا تو کیا ایسے دور کے خاتمے پر بھی اس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی صفر ہوتی ہے ۔

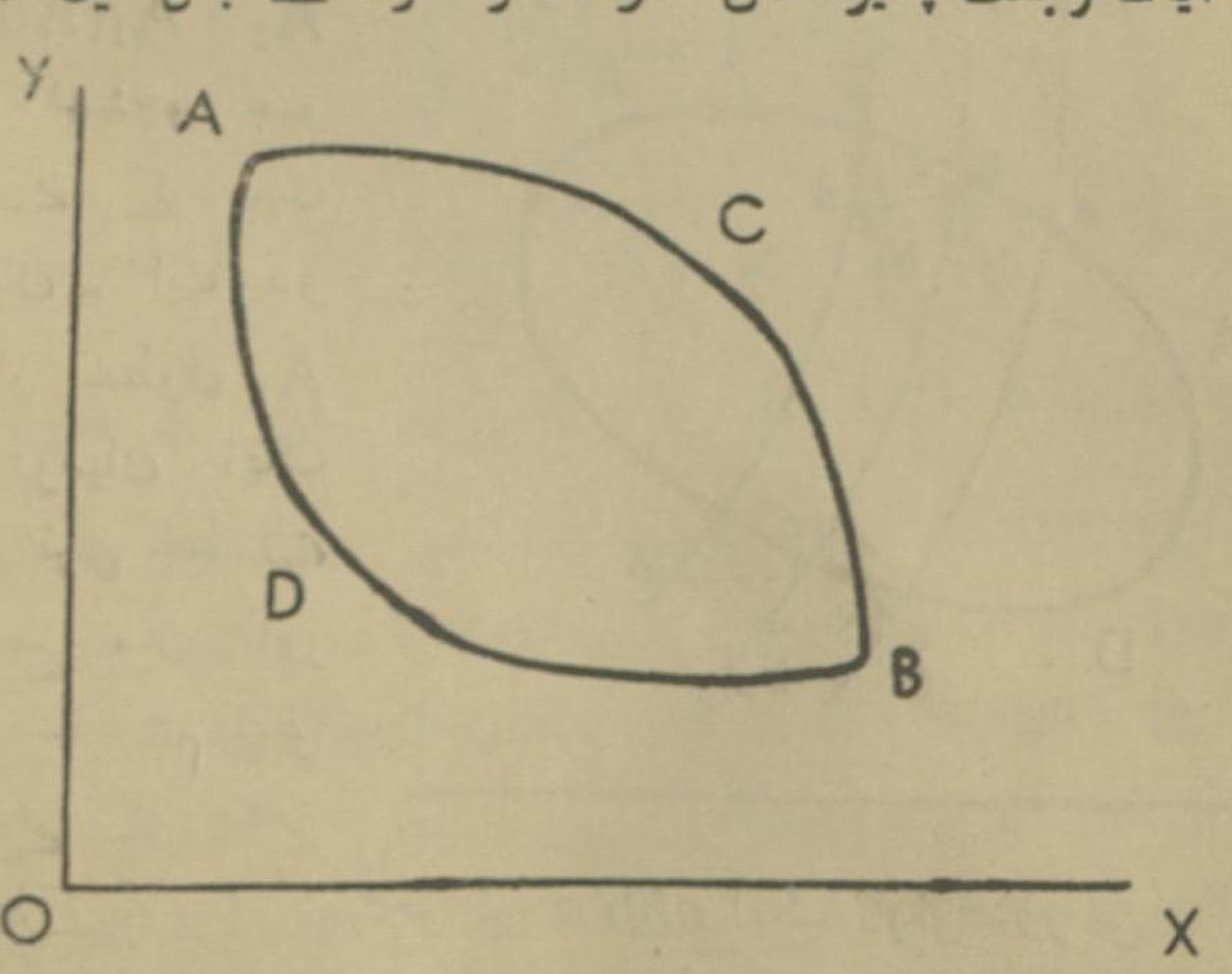
دباؤ اور حجم کے گراف میں ایک بند کج خط (Closed curve) ABCD کو زیر غور لاؤ جو ایک رجعت پذیر دور (Reversible cycle) کو ظاہر کرتا ہے ۔ اس بند کج خط (Curve) کے آر پار متعدد حرارت ناگزار خط (Adiabatics) A_1 ، A_2 A_3 وغیرہ کھینچو جو ایک دوسرے کے بہت قریب ہوں ۔ اب دو حرارت ناگزار خطوں A_1 اور A_2 کے درمیان ایک چھوٹا سا ہم تپش خط ab اوپر کے حصے میں اور ایک چھوٹا سا ہم تپش خط $a'b'$ نیچے کے حصے میں (کج خط کے اوپر) کھینچو تو $abb'a$ ایک کارنو دور بن جائے گا ۔



اسی طرح پورے دور ABCD کو اس قسم کے بہت سے کارنو دوروں

(Carnot cycles) میں تقسیم کیا جا سکتا ہے - اب چونکہ ہر کارنو دور کے خاتمے پر این ٹراپی (Entropy) کی تبدیلی صفر ہوتی ہے، اس لیے مجموعی طور پر ان تمام کارنو دوروں (Carnot cycles) کے خاتمے پر این ٹراپی کی تبدیلی صفر ہو گی ، مگر یہ تمام کارنو دور مجموعی طور پر مذکورہ رجعت پذیر دور (Reversible cycle) کو بناتے ہیں - اس سے یہ نتیجہ نکلتا ہے کہ جب کوئی کارکن شے ایک **رجعت پذیر دور** (Reversible cycle) میں سے گزرتی ہے تو خواہ یہ **دور کارنو دور** (Carnot cycle) **نہ بھی ہو پھر بھی اس دور کے خاتمے پر این ٹراپی کی تبدیلی صفر ہوتی ہے** - یعنی دور (Cycle) کے خاتمے پر کارکن شے کی این ٹراپی وہی ہو جاتی ہے جو آغاز میں ہوتی ہے -

ایک اہم نتیجہ - اوپر کے بیان سے یہ اہم نتیجہ نکلتا ہے کہ کسی شے یا کسی نظام کی این ٹراپی یا ناکارگی کی تبدیلی کا انحصار محض اس کی پہلی اور دوسری حالت پر ہوتا ہے - پہلی حالت سے دوسری حالت میں وہ شے یا وہ نظام کن طریقوں سے منتقل ہوتا ہے ، اس بات کا این ٹراپی کی تبدیلی میں کچھ دخل نہیں ہوتا - اس نکتے کو ثابت کرنے کے لیے فرض کرو کہ دباؤ اور حجم کے گراف پر بند کج خط ABCD ایک رجعت پذیر عمل کو ظاہر کرتا ہے جس میں کارکن شے



کی پہلی حالت A ہے - وہ A سے ACB راستے پر سے ہوتی ہوئی B تک

آتی ہے اور اس طرح اس کی این ٹراپی (Entropy) یعنی ناکارگی میں ϕ_1 کی تبدیلی ہوتی ہے - B حالت سے وہ BDA راستے پر سے ہوتی ہوئی واپس A حالت پر آتی ہے جس پر اس کا رجعت پذیر دور (Reversible cycle) پورا ہو جاتا ہے - اب اگر B سے A تک آنے میں اس کی این ٹراپی میں تبدیلی ϕ_2 — ہو تو چونکہ پورے دور میں یہ تبدیلی صفر ہوتی ہے ، اس لیے

$$\phi_1 - \phi_2 = 0$$

$$\therefore \qquad \phi_1 = \phi_2$$

اس کا مطلب یہ ہے کہ A حالت سے B حالت میں آنے کے لیے کارکن شے خواہ راستہ ACB اختیار کرے یا ADB راستے سے جائے ، دونوں حالتوں میں اس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی ایک ہی رہتی ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ **ایک حالت سے دوسری حالت میں جانے سے کسی کارکن شے کی این ٹراپی یعنی ناکارگی میں جو تبدیلی آتی ہے وہ صرف ان دونوں حالتوں ہی پر مبنی ہوتی ہے - ان حالتوں میں اس کا انتقال کس طور سے ہوتا ہے اس پر این ٹراپی کی تبدیلی کا کچھ انحصار نہیں ہوتا -**

غیر رجعت پذیر عمل میں این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی -

اس سے پہلے ہم بیان کر چکے ہیں کہ اگر کوئی کارکن شے ایک رجعت پذیر عمل (Reversible process) میں سے گزرے جیسے وہ کارنو دور (Carnot cycle) میں سے گزرتی ہے تو اس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی صفر ہوتی ہے - دوسرے لفظوں میں اس کی این ٹراپی یا ناکارگی کی قیمت ، جو کچھ اس عمل کے آغاز میں ہوتی ہے ، وہی اس کے انجام میں ہوتی ہے - اب سوال یہ پیدا ہوتا ہے کہ اگر کوئی کارکن شے غیر رجعت پذیر عمل (Irreversible process) میں سے گزرتی ہے تو اس صورت میں اس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی کیا قیمت اختیار کرتی ہے ؟ کیا یہ تبدیلی بدستور صفر رہتی ہے ؟ کیا یہ تبدیلی صفر سے زیادہ ہوتی ہے اور اس وجہ سے کارکن شے کی

این ٹراپی یعنی ناکارگی بڑھ جاتی ہے ؟ کیا یہ تبدیلی صفر سے کم ہوتی ہے اور اس وجہ سے کارکن شے کی این ٹراپی کم ہو جاتی ہے ؟

ان مسائل کا جائزہ لینے کے لیے ہم تین ایسی مثالوں میں این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی کی چھان بین کرتے ہیں جو غیررجعت پذیر عمل (Irreversible process) کی نمائندگی کرتی ہیں - ان میں پہلی مثال ایک حقیقی حرارت انجن کی ہے جو کبھی کامل طور پر رجعت پذیر نہیں ہوتا - دوسری مثال خلا میں ایک گیس کے پھیلاؤ کی ہے اور تیسری مثال حرارت کے ایصال (Conduction) یا اشعاع (Radiation) کی ہے -

غیر رجعت پذیر انجن میں این ٹراپی کی تبدیلی - جب کوئی انجن کامل طور پر رجعت پذیر (Reversible) ہو اور اس کی کارکن شے ٹمپریچر T_1 پر حرارت Q_1 جذب کرے اور ایک کام W سرانجام دینے کے بعد باقی حرارت Q_2 ٹمپریچر T_2 پر سرد جسم کو دے دے تو اس کی کارکردگی (Efficiency) مندرجہ ذیل مساوات سے ظاہر ہے

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

جب کوئی انجن غیر رجعت پذیر (Irreversible) ہو اور انہیں ٹمپریچروں کے درمیان مصروف کار ہو تو اس میں کچھ حرارت ضائع جاتی ہے اس لیے اس کی کارکردگی $\frac{T_1 - T_2}{T}$ کے برابر نہیں ہوتی بلکہ ہمیشہ اس سے کم ہوتی ہے - اس لیے ایک غیر رجعت پزیر انجن (Irreversible engine) کے لیے

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

یا

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

یا

$$\frac{Q_2}{Q_1} > \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{Q_2}{T_2} > \frac{Q_1}{T_1}$$ یا

ایک مثبت مقدار $= \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1}$ یا

مگر $\frac{Q_1}{T_1}$ این ٹراپی کی کمی ہے اور $\frac{Q_2}{T_2}$ این ٹراپی کی زیادتی ہے ، اس لیے $\frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1}$ این ٹراپی کی تبدیلی کو ظاہر کرتی ہے ۔ اوپر ثابت کیا جا چکا ہے کہ یہ تبدیلی ہمیشہ ایک مثبت مقدار ہوتی ہے ۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ غیر رجعت پذیر انجن میں این ٹراپی یعنی ناکارگی مسلسل طور پر ہر دور میں زیادہ ہوتی جاتی ہے ، جب کہ کارنو انجن میں یہ این ٹراپی یکساں رہتی ہے ۔ مگر کارنو انجن ، جو کامل رجعت پذیر (Reversible) ہوتا ہے ، محض ایک مثالی (Ideal) انجن ہے جسے عملاً وجود میں لایا نہیں جا سکتا ۔ عملی طور پر جتنے حرارتی انجن فی الواقع دنیا میں مصروف کار ہیں وہ غیر رجعت پذیر (Irreversible) ہی ہوتے ہیں ۔ اس لیے ان کے چلنے سے این ٹراپی یا ناکارگی ہمیشہ بڑھتی ہے اور مسلسل طور پر بڑھے جاتی ہے ۔

خلا میں گیس کے پھیلاؤ سے این ٹراپی کی تبدیلی ۔ اب ہم ایک اور غیر رجعت پذیر عمل کی مثال لیتے ہیں جس میں ایک گیس خلا (Vacuum) کے اندر آزادانہ طور پر پھیلتی ہے ۔ آسانی کی خاطر ہم یہ فرض کیے لیتے ہیں کہ یہ ایک کامل گیس ہے اور اسے ایک ایسے برتن کے اندر چھوڑا جاتا ہے جس کے اندر پہلے سے خلا قائم کر دیا گیا ہے ۔ چونکہ گیس کامل ہے اس لیے، اس کے مالیکیولوں کے درمیان باہمی کشش مفقود ہے اور اس وجہ سے خلا میں پھیلنے پر اس کا ٹمپریچر گرنے نہیں پاتا ۔ ایک خاص دباؤ p کے ماتحت جب گیس اس طرح ہم‌تپش طریقے سے پھیلتی ہے تو حجم کی ایک معمولی سی تبدیلی dv کے پیدا ہونے پر گیس جو کام کرتی ہے وہ pdv ہوتا ہے اور یہی کام جذب شدہ حرارت dQ کے برابر ہے ۔ پس اگر اس پھیلاؤ سے گیس کی

این ٹراپی یعنی ناکارگی میں اضافہ $d\phi$ ہو تو

$$d\phi=\frac{dQ}{T}=\frac{dpv}{T}\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots(i)$$

جب کہ گیس کا ٹمپریچر T ہو -

$$\because \quad pv=RT$$

یا
$$\frac{p}{T}=\frac{R}{v}$$

اسے اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$d\phi=R\frac{dv}{v}$$

اگر گیس کا پہلا حجم v_1 ہو اور پھیلنے کے بعد اس کا دوسرا حجم v_2 ہو اور اس تبدیلی سے اس میں این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی ϕ_1 سے ϕ_2 ہو جائے تو

$$\int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi=R\int_{v_3}^{v_2}\frac{dv}{v}$$

$$\therefore \quad \phi_2-\phi_1=R[\log v]_{a_1}^{v_2}=R[\log v_2-\log v_1]$$

یا
$$\phi_2-\phi_1=R\log\frac{v_2}{v_1}$$

چونکہ v_1 سے v_2 بڑا ہے ، اس لیے $\log\frac{v_2}{v_1}$ کی قیمت مثبت ہے - R پہلے ہی سے مثبت ہے - اس وجہ سے این ٹراپی یا ناکارگی کی تبدیلی $(\phi_1-\phi_2)$ مثبت ہے - اس سے ظاہر ہے کہ گیس کے پھیلاؤ سے ، جو ایک غیر رجعت پذیر عمل ہے ، گیس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی پہلے سے زیادہ ہو جاتی ہے -

ایصال حرارت اور اشعاع حرارت سے این ٹراپی کی تبدیلی - ایصال حرارت (Conduction of heat) اور اشعاع حرارت (Radiation of heat) یہ دونوں بھی غیر رجعت پذیر عمل ہیں - کیونکہ ان دونوں عملوں میں حرارت ایک گرم جسم سے ، جس کا ٹمپریچر T_1 ہوتا ہے ، ایک ٹھنڈے جسم کی طرف ، جس کا ٹمپریچر T_2 ہوتا ہے ، جاتی ہے - اس کے برخلاف یعنی ٹھنڈے جسم سے گرم جسم کی طرف حرارت کا بہاؤ نہیں ہوتا -

اگر گرم جسم سے جس کا ٹمپریچر T_1 ہو ، ٹھنڈے جسم کی طرف جس کا ٹمپریچر T_2 ہو ، قلیل سی حرارت dQ بہے تو

$$\frac{dQ}{T_1} = \text{گرم جسم کی این ٹراپی میں کمی}$$

$$\frac{dQ}{T_2} = \text{ٹھنڈے جسم کی این ٹراپی میں کمی}$$

اس لیے این ٹراپی یعنی ناکارگی کی کل زیادتی

$$= \frac{dQ}{T_2} - \frac{dQ}{T_1} = dQ\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

چونکہ T_1 ہمیشہ T_2 سے اونچا ہے ، اس لیے $\frac{1}{T_1}$ ہمیشہ $\frac{1}{T_2}$ سے چھوٹا ہوتا ہے اور اس وجہ سے $\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}$ ہمیشہ ایک مثبت مقدار ہوتی ہے -

اس کا مطلب یہ ہے کہ ایصال حرارت یا اشعاع حرارت جیسے غیر رجعت پذیر (Irreversible) عملوں سے این ٹراپی یعنی ناکارگی میں ہمیشہ ایک مثبت اضافہ ہوتا ہے اور وہ پہلے سے بڑھ جاتی ہے-

این ٹراپی یا ناکارگی کی زیادتی کا قانون - اوپر کی مثالوں سے **ظاہر ہے کہ ہر غیر رجعت پذیر عمل کے بعد اس نظام کی این ٹراپی یا ناکارگی بڑھ جاتی ہے ، جس میں یہ عمل واقع ہوتا ہے - رجعت پذیر عمل میں این ٹراپی کی تبدیلی صفر ہوتی ہے ، یعنی رجعت پذیر عمل کے**

بعد اس نظام کی این ٹراپی جس میں یہ عمل واقع ہوتا ہے ، وہی رہتی ہے جو ابتدا میں تھی ۔ البتہ این ٹراپی کسی عمل سے گھٹنے نہیں پاتی ۔ چونکہ دنیا میں ایک کامل رجعت پذیر عمل محض ایک خیالی شے ہے جس کا وجود نہیں ہے اور دنیا کے تمام حقیقی عمل غیر رجعت پذیر ہی ہوتے ہیں ، اس سے ظاہر ہے کہ کائنات کے وہ سارے عمل جس میں حرارت کا متواتر تبادلہ ہوتا ہے ، خواہ وہ عمل انسانی کوششوں سے وجود میں لائے جاتے ہوں یا قدرت کی طاقتوں سے آپ سے آپ ہو رہے ہوں ، ان سب کے نتیجے میں این ٹراپی یعنی ناکارگی میں مسلسل زیادتی پیدا ہوتی ہے ۔ اسے این ٹراپی یا ناکارگی کی زیادتی کا قانون (Law of increase of entropy) کہتے ہیں اور یہ قانون کائنات میں ہمیشہ جاری و ساری ہے ۔

نوٹ ۔ این ٹراپی کی اس زیادتی کے متعلق یہ بات ملحوظ رکھنی چاہیے کہ یہ زیادتی ایک پورے نظام میں پیدا ہوتی ہے ۔ ورنہ یہ ہو سکتا ہے کہ اس نظام کے کسی جزو کی این‌ٹراپی زیادہ ہو جائے اور کسی جزو کی این ٹراپی کم ہو جائے مگر مجموعی طور پر جب تمام اجزا کو لیا جائے تو ان کی این ٹراپی ہمیشہ بڑھتی ہے ، اس میں کمی واقع نہیں ہونے پاتی ۔ اس سے کلاسیئس (Clausius) نے یہ نتیجہ نکالا ہے کہ کائنات کی این ٹراپی یا ناکارگی ہمیشہ ایک زیادہ سے زیادہ قیمت کی طرف بڑھ رہی ہے ۔

این ٹراپی اور ناقابل استعمال توانائی ۔ ایک کارنو دور (Carnot cycle) میں کارکن شے گرم جسم سے جس کا ٹمپریچر T_1 ہوتا ہے ، حرارت Q_1 جذب کرتی ہے اور ٹھنڈے جسم کو جس کا ٹمپریچر T_2 ہوتا ہے ، حرارت Q_2 واپس کر دیتی ہے ۔ اس طرح حرارت Q_1 کے دو حصے ہو جاتے ہیں ۔ ایک حصہ (Q_1-Q_2) اور دوسرا حصہ Q_2 ہوتا ہے ۔ پہلا حصہ (Q_1-Q_2) کارآمد توانائی کو ظاہر کرتا ہے جو کام میں تبدیل ہوتی ہے اور دوسرا حصہ Q_2 اس حرارت کا ہوتا ہے جو کام کے نقطہ نظر سے بے کار ہوتی ہے اور اس لیے اس کو ناقابل استعمال

توانائی یا ناقابل حصول (unavailable) توانائی کہا جا سکتا ھے ۔ کارنو کے کلیے کے مطابق

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\therefore \quad Q_2 = \frac{Q_1}{T_1} T_2$$

اس مساوت میں $\frac{Q_1}{T_1}$ این ٹراپی کی زیادتی ھے جو ٹمپریچر T_1 پر ہم تپش پھیلاؤ (Isothermal expansion) کے باعث پیدا ھوتی ھے ۔ این ٹراپی کی یہ زیادتی جتنی زیادہ ھو ناقابل استعمال توانائی Q_2 بھی اسی نسبت سے زیادہ ھو جاتی ھے اور کارآمد توانائی اسی حساب سے کم ھو جاتی ھے ۔ اس لحاظ سے این ٹراپی کارآمد توانائی کی مخالف ھے ۔ چنانچہ این ٹراپی کو اردو میں جو 'ناکارگی' کا نام دیا گیا وہ بھی اسی وجہ سے ھے ۔

توانائی کی تنزلی ۔ کائنات میں وہ بے شمار غیر رجعت پذیر عمل جو مسلسل طور پر ھو رھے ھیں اور جن کے نتیجے میں ٹمپریچر کا اختلاف کم ھوتا جاتا ھے ، کائنات کی این ٹراپی کو بڑھا رھے ھیں اور اُسے ایک زیادہ سے زیادہ قیمت کی طرف لے جا رھے ھیں ۔ اُدھر جب این ٹراپی بڑھتی ھے تو قابل حصول کارآمد توانائی گھٹتی ھے ۔ اس کا مطلب یہ ھے کہ کائنات کی این ٹراپی مسلسل طور پر بڑھ رھی ھے اور اس کے نتیجے میں کائنات میں قابل حصول کارآمد توانائی کم ھوتی جاتی ھے ۔ اسے **توانائی کی تنزلی**(Degradation of energy) کہتے ھیں ۔ اس تنزلی کا اثر یہ ھے کہ اگرچہ کائنات میں توانائی کی مقدار تو مستقل رھتی ھے مگر وہ ایسی صورت اختیار کرتی جا رھی ھے جس سے اس کا کارآمد حصہ کم ھوتا جاتا اور ناکارہ حصہ زیادہ ھوتا جاتا ھے ۔ گویا کائنات حرارت کے نقطہ نظر سے ایک ایسی حالت کی طرف جا رھی ھے جہاں پہنچ کر اس پر مرگ کا سا سماں ھوگا ۔ سائنس دان اس حالت کو ' مرگ حرارت ' (Heat death) کہتے ھیں اور کائنات آپ اپنی مرگ حرارت کی طرف جا رھی ھے ۔

ترتیب سے بے ترتیبی کی طرف - این ٹراپی کی زیادتی کا ایک گہرا تعلق بے ترتیبی (Disorder) کے ساتھ ہے - چنانچہ جب کوئی شے گیسی حالت میں ہوتی ہے تو اس کی این ٹراپی نسبتاً بڑھی ہوئی ہوتی ہے - اس حالت میں گیس کے مالیکیول نہایت بے ترتیبی کی حالت میں ہر طرف متحرک ہوتے ہیں - جب اسے مائع حالت میں منتقل کیا جاتا ہے تو اس کی این ٹراپی گھٹ جاتی ہے اور آدھر اس کے مالیکیولوں میں بھی بے ترتیبی نسبتاً کم ہو جاتی ہے - جب وہ مائع سے ٹھوس بنتی ہے تو اس کی این‌ٹراپی میں اور کمی آتی ہے اور آدھر اس کے مالیکیول بھی اب باقاعدہ ترتیب کی حالت میں آنے لگتے ہیں - ایک کرسٹل میں یہ ترتیب (Order) خاص طور پر نمایاں ہوتی ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ این ٹراپی کی کمی ترتیب (Order) کا اور این ٹراپی کی زیادتی بے ترتیبی (Disorder) کا نشان ہے - پھر چونکہ کائنات کی این ٹراپی برابر بڑھ رہی ہے ، اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ ہماری کائنات ایک بے ترتیبی اور بے نظمی کی حالت کی طرف رواں ہے - جہاں ٹمپریچر کا فرق نہیں رہے گا ، جہاں توانائی موجود تو ہو گی مگر وہ کسی کام میں نہیں آ سکے گی ، جہاں این ٹراپی اپنی زیادہ سے زیادہ حد کو پہنچی ہوئی ہو گی اور جہاں ہر طرف سخت بے ترتیبی اور بے نظمی کا دور دورہ ہو گا -

کامل گیس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی - کامل گیس (Perfect gas) کے ایک گرام کو زیر غور لاؤ جس کا دباؤ p ، حجم v اور ٹمپریچر T (مطلق) ہو - اگر اس گیس کو حرارت dQ دی جائے جس سے یہ کسی قدر پھیلے اور اس طرح dW کام کرے تو حرارت dQ کا ایک حصہ تو اس بیرونی کام dW کے کرنے میں صرف ہو گا اور باقی حرارت اس گیس کی اندرونی توانائی میں زیادتی du کرنے کے کام آئے گی

$$\therefore \quad dQ = du + dW \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

اب اگر گیس میں یہ خفیف سا پھیلاؤ dv دباؤ p کے خلاف پیدا ہو تو

$$dW = p\,dv$$

اگر گیس کی اندرونی توانائی کے بڑھ جانے سے اس کا ٹمپریچر بقدر dT کے اونچا ہو جائے تو

$$du = C_v dT$$

جب کہ C_v گیس کی حرارت مخصوصہ (مستقل حجم پر) ہو۔

dW اور du کی ان قیمتوں کو مساوات (i) میں شامل کرنے سے

$$dQ = C_v dT + pdv$$

$$\because \quad pv = RT$$

$$p = \frac{RT}{v}$$

$$\therefore \quad dQ = C_v dT + \frac{RTdv}{v}$$

اس مساوات کی مدد سے گیس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی ϕ

(ا) ٹمپریچر T اور حجم v میں

(ب) ٹمپریچر T اور دباؤ v میں

(ج) دباؤ p اور حجم v میں

نکالی جا سکتی ہے جس کی تفصیل حسب ذیل ہے۔

کامل گیس کی این ٹراپی ϕ کو ٹمپریچر T اور حجم v میں نکالنا۔

$$\int d\phi = \int \frac{dQ}{T}$$

$$= \int \frac{CvdT}{T} + \int \frac{RTdv}{Tv}$$

$$= C_v \int \frac{dT}{T} + R \int \frac{dv}{v}$$

$$\because \quad R = C_p - C_v$$

جب کہ C_p مستقل دباؤ پر گیس کی حرارت مخصوصہ ہو ، اس لیے

$$\int d\phi = C_v \int \frac{dT}{T} + (C_p - C_v) \int \frac{dv}{v}$$

$$\therefore \quad \phi = C_v \log T + (C_p - C_v) \log v +$$ ایک مستقل

کامل گیس کی این ٹراپی ϕ کو ٹمپریچر T اور دباؤ p میں نکالنا

یہ ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$dQ = C_v dT + p dv \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

$$\because \quad pv = RT$$

$$\therefore \quad pdv + vdp = R dT$$

یا

$$pdv = R dT - vdp$$

اس کو مساوات (i) میں شامل کرنے سے

$$dQ = C_v dT + R dT - vdp \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

$$\because \quad pv = RT$$

$$\therefore \quad v = \frac{RT}{p}$$

v کی اس قیمت کو مساوات (ii) میں شامل کرنے سے

$$dQ = C_v dT + R dT - RT \frac{dp}{p}$$

$$\because \quad \int d\phi = \int \frac{dQ}{T}$$

$$\therefore \quad \int d\phi = \int \frac{C_v dT}{T} + \int \frac{R dT}{T} - \int \frac{RT dp}{Tp}$$

$$= C_v \int \frac{dT}{T} + R \int \frac{dT}{T} - R \int \frac{dp}{p}$$

$$\because \quad R = C_p - C_v$$

$$\int d\phi = C_v \int \frac{dT}{T} + (C_p - C_v) \int \frac{Td}{T} - (C_p - C_v) \int \frac{dp}{p}$$

$$= C_v \int \frac{dT}{T} + C_p \int \frac{dT}{T} - C_v \int \frac{dT}{T}$$

$$- (C_p - C_v) \int \frac{dp}{p}$$

یا

$$\int d\phi = C_p \int \frac{dT}{T} - (C_p - C_v) \int \frac{dp}{p}$$

$\therefore \quad \phi = C_p \log T - (C_p - C_v) \log p +$ ایک مستقل

کامل گیس کی این ٹراپی ϕ کو دباؤ p اور حجم v میں نکالنا ۔

یہ ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$dQ = C_v dT + pdv$$

$$\therefore \int d\phi = \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{C_v dT}{T} + \int \frac{pdv}{T} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

$$\because \quad pv = RT$$

$$\therefore \quad T = \frac{pv}{R}$$

$$\because \quad pdv + vdp = R\,dT$$

$$\therefore \quad dT = \frac{pdv + vdp}{R}$$

dT کی اس قیمت کو (i) میں شامل کرنے سے

$$\int d\phi = \int \frac{C_v(pdv + vdp)}{RT} + \int \frac{pdv}{T}$$

اب T کی مذکورہ بالا قیمت $\frac{pv}{R}$ کو اس مساوات میں شامل کرنے سے

$$\int d\phi = \int \frac{C_v(pdv + vdp}{R} \times \frac{R}{pv} + \int pdv \times \frac{R}{pv}$$

$$\int d\phi = \int \frac{C_v(pdv + vdp)}{pv} + \int R\,\frac{dv}{v}$$

$$\because \quad R = C_p - C_v$$

$$\therefore \quad \int d\phi = \int C_v \frac{dv}{v} + \int C_v \frac{dp}{p} + (C_p - C_v)\int \frac{dv}{v}$$

$$= \int C_v \frac{dv}{v} + \int C_v \frac{dp}{p} + \int C_p \frac{dv}{v} - \int C_v \frac{dv}{}$$

یا $$\int d\phi = C_v \int \frac{dp}{p} + C_v \int \frac{dv}{v}$$

∴ $\phi = C_v \log p + C_p \log v +$ ایک مستقل

کامل گیس میں این ٹراپی کی تبدیلی - ایک کامل گیس کا دباؤ p_1، حجم v_1، ٹمپریچر T_1 اور این ٹراپی ϕ_1 ہے - اس گیس میں تبدیلی واقع ہونے پر اس کا دباؤ p_2، حجم v_2، ٹمپریچر T_2 اور این ٹراپی ϕ_2 ہو جاتی ہے تو این ٹراپی کی تبدیلی $(\phi_2 - \phi_1)$ کی قیمت دریافت کرنا مطلوب ہے -

کامل گیس کی این ٹراپی کی تبدیلی $(\phi_2 - \phi_1)$ کو ٹمپریچر اور حجم میں معلوم کرنا - اس سے پہلے ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$\int d\phi = \int C_v \frac{dT}{T} + (C_p - C_v)\int \frac{dv}{v}$$

اس لیے موجودہ صورت میں

$$\int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi = \int_{T_1}^{T_2} C_v \frac{dT}{T} + (C_p - C_v)\int_{v_2}^{v_2} \frac{dv}{v}$$

$$\therefore \quad \phi_2 - \phi_1 = C_v\big[\log T\big]_{T_1}^{T_2} + (C_p - C_v)\big[\log v\big]_{v_1}^{v_2}$$

یا $\phi_2-\phi_1=C_v(\log T_2-\log T_1)+(C_p-C_v)(\log v_2-\log v_1)$

$\therefore \quad \phi_2-\phi_1=C_p \log\frac{T_2}{T_1}+(C_p-C_v)\log \frac{v_2}{v_1}$

کامل گیس کی این ٹراپی کی تبدیلی $\phi_2-\phi_1$ کو ٹمپریچر اور دباؤ میں معلوم کرنا - اس سے پہلے ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$\int d\phi=C_p\int\frac{dT}{T}-(C_p-C_v)\int\frac{dp}{p}$$

اس لیے موجودہ صورت میں

$$\int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi=\int_{T_1}^{T_2} C_v\frac{dT}{T}+(C_p-C_v)\int_{v_1}^{v_2}\frac{dv}{v}$$

$$\therefore \quad \phi_2-\phi_1=C_v[\log T]_{T_2}^{T_2}+(C_p-C_v)[\log v]_{v_1}^{v_2}$$

یا $\phi_2-\phi_1=C_v(\log T_2-\log T_1)+(C_p-C_v)(\log v_2-\log v_1)$

$\therefore \quad \phi_2-\phi_1=C_v \log\frac{T_2}{T_1}+(C_p-C_v) \log\frac{v_2}{v_1}$

کامل گیس کی این ٹراپی کی تبدیلی $(\phi_2-\phi_1)$ کو حجم اور دباؤ میں معلوم کرنا - اس سے پہلے ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$\int d\phi=C_v\int\frac{dp}{p}+C_v\int\frac{dv}{v}$$

اس لیے موجودہ صورت میں

$$\int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi=C_v\int_{p_1}^{p_2}\frac{dp}{p}+C_p\int_{v_1}^{v_2}\frac{dv}{v}$$

$$\therefore \quad \phi_2-\phi_1=C_v[\log p]_{p_1}^{p_2}+C_p[\log v]_{v_1}^{v_2}$$

یا
$$\phi_2-\phi_1=C_v(\log p_2-\log p_1)+C_p(\log v_2-\log v_1)$$

$$\therefore \quad \phi_2-\phi_1=C_v \log\frac{p_2}{p_1}+C_p \log\frac{v_2}{v_1}$$

m گرام گیس میں این ٹراپی کی تبدیلی - کامل گیس میں این ٹراپی کی تبدیلی کی جو مساواتیں اوپر اخذ کی گئی ہیں، یہ سب ایک گرام کامل گیس کے لیے ہیں، لیکن اگر کامل گیس m ہو تو ایک گرام گیس کی این ٹراپی کی تبدیلی کو m کے ساتھ ضرب دے کر m گرام گیس کی این ٹراپی کی تبدیلی معلوم کی جا سکتی ہے -

این ٹراپی کی تبدیلی معلوم کرنا - این ٹراپی کے متعلق سوالات میں اکثر این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی معلوم کرنا مطلوب ہوتا ہے - اس لیے ہم اس بارے میں پہلے ایک عمومی مساوات اخذ کرتے ہیں -

فرض کیجیے کہ ایک قلیل سے رجعت پذیر دور (Reversible cycle) کے دوران میں، جو ٹمپریچر T اور اس کے ایک نہایت قریبی ٹمپریچر $T+dT$ کے درمیان واقع ہوتا ہے، حرارت dQ جذب ہوتی ہے - تب اگر این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی $d\phi$ ہو تو

$$d\phi=\frac{dQ}{T}$$

اگر دی ہوئی شے جس پر یہ رجعت پذیر عمل ہوتا ہے، 1 گرام ہو اور اس کی حرارت مخصوصہ S ہو تو

$$dQ=SdT$$

$$\therefore \quad d\phi=S\frac{dT}{T}$$

اگر دی ہوئی شے کا ٹمپریچر رجعت پذیر عمل میں فی الواقعہ T_1 سے T_2

کے درمیان بدلتا ہو اور اس کی این ٹراپی کی تبدیلی $\phi_2 - \phi_1$ ہو تو یہ تبدیلی

$$d\phi = S\frac{dT}{T}$$

پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے معلوم کی جا سکتی ہے ، جب این ٹراپی کے حدود ϕ_2 اور ϕ_1 لیے جائیں اور ٹمپریچر کے حدود T_2 اور T_1 لیے جائیں - پس

$$\int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi = S\int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T}$$

یا

$$\phi_2 - \phi_1 = S[\log T]_{T_1}^{T_2}$$

$$= S(\log T_2 - T_1)$$

$$\therefore \quad \phi_2 - \phi_1 = S \log \frac{T_2}{T_1}$$

نوٹ - یہ لاگ (log) e کی اساس پر ہوتا ہے ، اس لیے اس کو 10 کی اساس پر منتقل کرنے کے لیے 2·3 کے ساتھ ضرب دینی پڑتی ہے - 10 کی اساس پر اسے منتقل کرنا اس لیے ضروری ہو جاتا ہے کیونکہ لاگ (log) کے جو ٹیبل (Table) یعنی نقشے عام طور پر ملتے ہیں وہ 10 کی اساس پر ہی بنے ہوتے ہیں -

اوپر کی مساوات کے عملی اطلاق کی تشریح ذیل کی مثال سے کی جاتی ہے -

مثال - ایک گرام پانی کو 0°C سے 50°C تک گرم کیا جاتا ہے تو این ٹراپی کی تبدیلی معلوم کرو - پانی کی حرارت مخصوصہ 1 ہے -

پانی کا پہلا ٹمپریچر $= T_1 = 0 + 273 = 273°A$

پانی کا دوسرا ٹمپریچر $= T_2 = 50 + 273 = 323°A$

پانی کی حرارتِ مخصوصہ $= S = 1$

این ٹراپی کی تبدیلی $= \phi_2 - \phi_1$

$$\because \quad \phi_2 - \phi_1 = S \log \frac{T_2}{T_1}$$

$$\therefore \quad \phi_2 - \phi_1 = 1 \log_e \tfrac{323}{273}$$

$$= 2{\cdot}3 \log_{10} \tfrac{323}{273}$$

$$= 2{\cdot}3 (\log 323 - \log 273)$$

$= 0{\cdot}163$ (کلوری فی ڈگری)

این ٹراپی یعنی ناکارگی کی پیمائش - این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی کو معلوم کرنے سے ایک عمومی مساوات اوپر اخذ کی گئی ہے اور ایک مثال سے پانی کا ٹمپریچر 0°C سے 50°C تک بڑھنے پر این ٹراپی کی تبدیلی نکالی گئی ہے - یہاں یہ سوال پیدا ہوتا ہے کہ 50°C پر این ٹراپی کی اصل قمیت کیا ہوتی ہے - اس بارے میں یہ یاد رکھنا چاہیے کہ تمام طبعی مقداروں کی پیمائش کی طرح این ٹراپی یعنی ناکارگی کی پیمائش کے لیے بھی ایک صفر کے تعین کی ضرورت ہوتی ہے - اس بارے میں عام رواج (Convention) یہ ہے کہ جب کسی شے کی کمیت 1 گرام ہو ، اس کا ٹمپریچر 0°C ہو اور اس کا دباؤ 760 ملی میٹر ہو (یعنی دوسرے لفظوں میں وہ نارمل دباؤ اور ٹمپریچر پر ہو) تو اس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی صفر لی جاتی ہے -

صفر این ٹراپی کے اس طور پر متعین ہو جانے کے بعد دیگر حالات میں اس شے کی این ٹراپی عددی صورت میں نکالی جاسکتی ہے - چنانچہ گزشتہ مثال میں پانی کو 0°C سے 50°C تک گرم کرنے پر اس کی این ٹراپی کی تبدیلی 0.163 کلوری فی ڈگری نکلی ہے - اس لیے اگر 0°C پر پانی کی این ٹراپی کو 0 مانا جائے تو 50°C پر پانی کی این ٹراپی کی اصلی قیمت بھی 0.163 کلوری فی ڈگری ہو جاتی ہے -

اس کی مزید وضاحت ذیل کی مثالوں سے کی جاتی ہے -

برف کی این ٹراپی $0^\circ C$ یا $273^\circ A$ پر معلوم کرنا - برف پانی کی منجمد صورت ہے اور پانی اصل شے ہے ، اس لیے اگر ایک گرام پانی کا ٹمپریچر $0^\circ C$ یا $273^\circ A$ ہو اور اس پر نارمل دباؤ پڑ رہا ہو تو اس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی عام رواج کے مطابق صفر (0) سمجھی جائے گی - جب ایک گرام پانی میں مخفی حرارت L خارج کر دی جاتی ہے تو وہ برف میں تبدیل ہو جاتا ہے اور اس کا ٹمپریچر $0^\circ C$ یعنی $273^\circ A$ ہی رہتا ہے ، اس لیے برف کی این ٹراپی یعنی ناکارگی معلوم کرنے کے لیے ہم Q کو L− کے برابر لیں گے - L کے ساتھ منفی کی علامت اس لیے دی گئی ہے کیونکہ یہ حرارت پانی میں سے خارج ہو رہی ہے - T کی قیمت اس صورت میں $273^\circ A$ ہے اور L کی قیمت 80 کلوری فی گرام ہوتی ہے - اس لیے اگر برف کی مطلوبہ این ٹراپی یعنی ناکارگی ϕ ہو تو

$$\phi=\frac{Q}{T}=\frac{-L}{T}=\frac{-80}{273}=-0{\cdot}293$$

پس برف کی این ٹراپی یعنی ناکارگی 0·293− کلوری فی گرام ڈگری ہوتی ہے -

برف کی این ٹراپی $-t^\circ C$ پر معلوم کرنا - اگر برف کی این ٹراپی $0^\circ C$ پر ϕ_1 ہو اور $-t^\circ C$ پر ϕ_2 ہو تو مساوات

$$\phi_2-\phi_1=2{\cdot}3\ S\ (\log T_2-\log T_1)$$

کی رو سے جس میں لاگ (log) 10 کے اساس پر لیے گیے ہیں -

T_1 کی قیمت یہاں $273^\circ A$ ہے اور T_2 کی قیمت $(273-t)^\circ A$ ہے- نیز برف کی حرارت مخصوصہ S کی قیمت 0·5 ہے اور $0^\circ C$ پر برف کی این ٹراپی ϕ_1 اوپر کی مثال میں 0·293− کلوری نکالی گئی ہے -اس لیے

$$\phi_2-(-0.293)=2{\cdot}3\times0{\cdot}5\ [\log(273-t)-\log 273]$$

$$\therefore\ \phi_2=-0{\cdot}293+2{\cdot}3\times0{\cdot}5[\log\ (273-t)-\log 273]$$

اس سے $-t^\circ C$ پر برف کی این ٹراپی معلوم کی جا سکتی ہے -

مثال - فرض کیجیے کہ ہمیں $-20°C$ پر برف کی این ٹراپی معلوم کرنا ہے - یہاں $-t°C$ کی قیمت $-20°C$ ہو جاتی ہے - پس اوپر کی مساوات میں $-t°C$ کی بجائے $-20°C$ لکھنے سے

$$\phi_2 = -0{\cdot}293 + 2{\cdot}3 \times 0{\cdot}5\ [\log (273-20) - \log 273]$$

$$= -0{\cdot}293 + 2{\cdot}3 \times 0{\cdot}5\ (\log 253 - \log 273)$$

$$= -0{\cdot}293 - 0{\cdot}0381 = -0{\cdot}3311$$ کلوری

بھاپ کی این ٹراپی معلوم کرنا - ایک گرام پانی کو جب وہ $0°C$ ہو تو نارمل دباؤ کے ماتحت بھاپ میں تبدیل کرنے کے لیے پہلے تو اسے $100°C$ تک گرام کرنا ہوتا ہے - پھر وہ اس ٹمپریچر پر مزید حرارت جذب کرتا ہے جو بھاپ کی مخفی حرارت (Latent heat) کہلاتی ہے اور اس حرارت کے جذب کرنے پر وہ $100°C$ پر بھاپ میں تبدیل ہو جاتا ہے - اگر پانی کی این ٹراپی یعنی ناکارگی $0°C$ پر ϕ_1 ہو ، $100°C$ پر ϕ_2 ہو اور $100°C$ پر بھاپ کی این ٹراپی ϕ_3 ہو تو عام رواج کے مطابق ϕ_1 کی قیمت صفر ہوتی ہے - چونکہ ϕ_1 کے مقابلے میں ٹمپریچر T_1 کی قیمت $273°A$ اور ϕ_2 کے مقابلے میں ٹمپریچر T_2 کی قیمت $(273+100)$ یعنی $373°A$ ہے اور پانی کی حرارت مخصوصہ S ایک ہے

$$\phi_2 - \phi_1 = S(\log T_2 - \log T_1)$$

کے مطابق

$$\phi_2 - 0 = (\log_e 373 - \log_e 273)$$

$$\therefore\ \phi_2 = 2{\cdot}3\ (\log_{10} 373 - \log_{10} 273)$$

$$= 0.312$$ کلوری

جب پانی $100°C$ یا $373°A$ پر پہنچ جاتا ہے تو وہ مخفی حرارت L جذب کرتا ہے اور بھاپ میں منتقل ہو جاتا ہے - بھاپ کی اس مخفی حرارت کی قیمت 540 کلوری ہوتی ہے - اس حرارت کے جذب کرنے پر اس کی این ٹراپی مزید بقدر $\frac{L}{T_2}$ کے بڑھتی ہے - اس لیے جب بھاپ کی

مطلوبہ کل این ٹراپی ϕ ہو تو

$$\phi_2 = \phi + \frac{L}{T_2} = 0{\cdot}312 + \tfrac{540}{373}$$

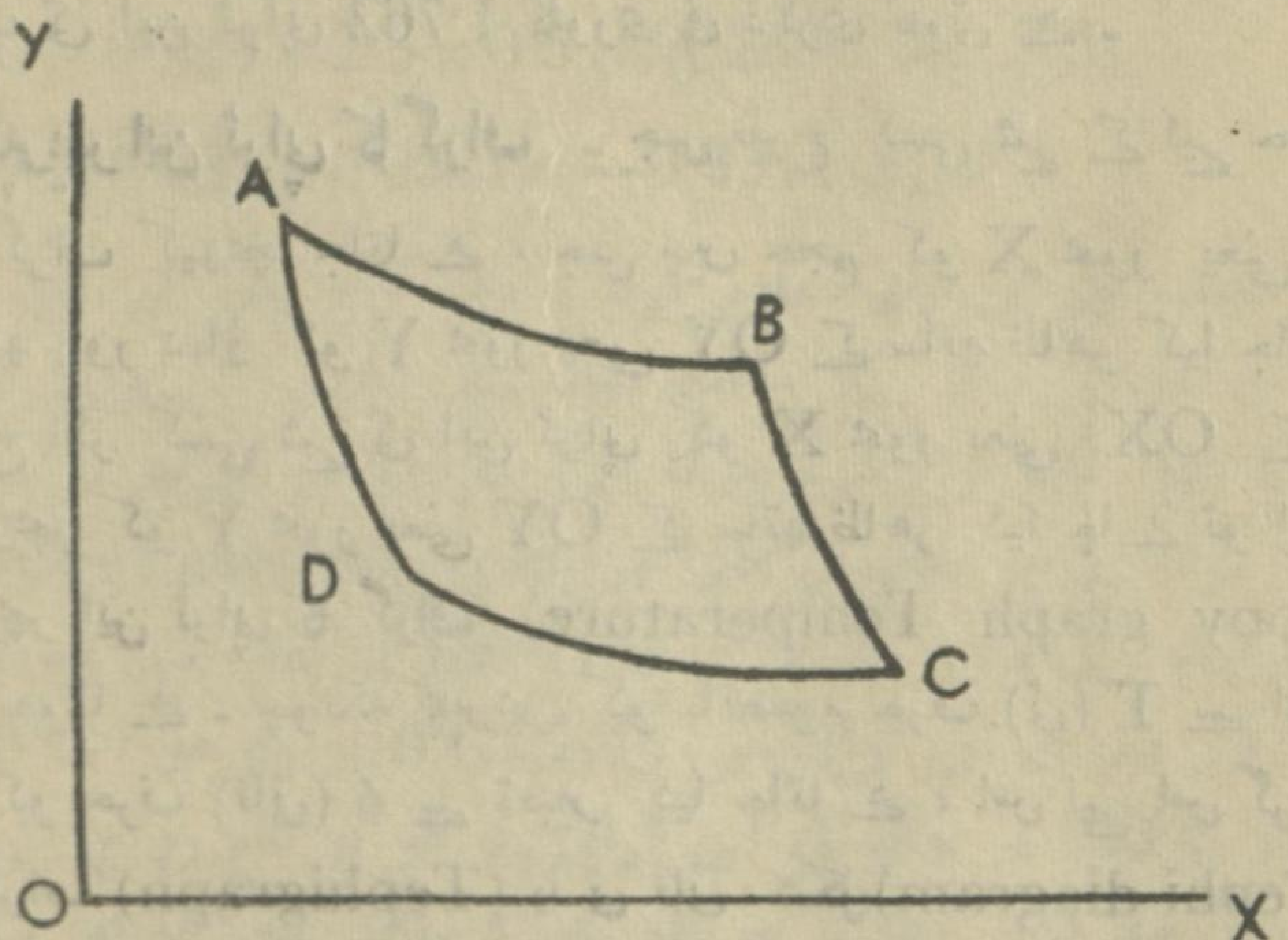
$$= 0{\cdot}312 + 1{\cdot}45 = 1{\cdot}762 \text{ کلوری}$$

پس بھاپ کی این ٹراپی 1·762 کلوری فی ڈگری ہوتی ہے۔

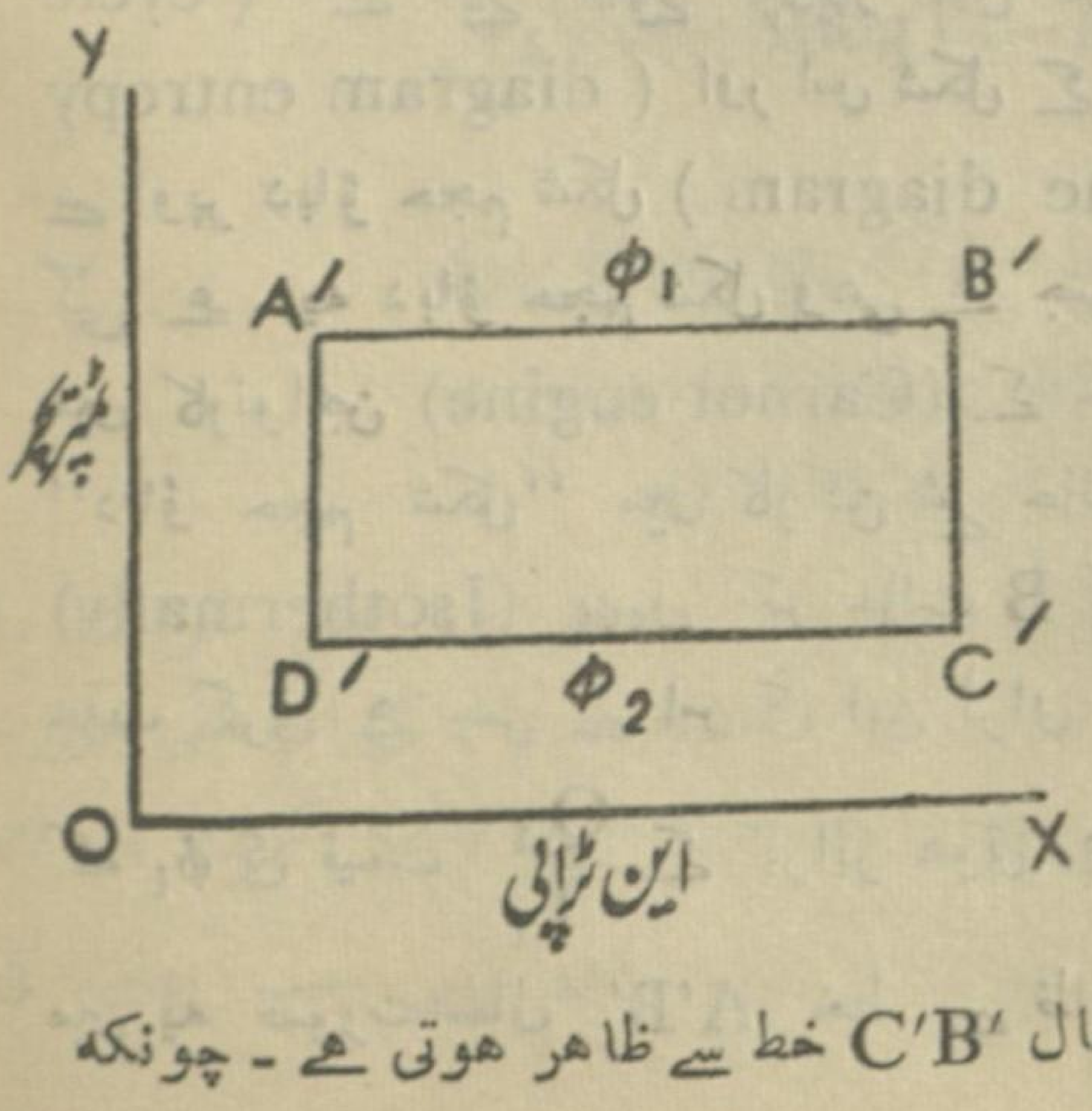
ٹمپریچر این ٹراپی کا گراف ۔ جس طرح کسی شے کے لیے حجم اور دباؤ کا گراف کیھنچا جاتا ہے ، جس میں حجم کو X محور یعنی OX کے ساتھ اور دباؤ کو Y محور یعنی OY کے ساتھ ظاہر کیا جاتا ہے ، اسی طرح اگر کسی شے کی این ٹراپی کو X محور یعنی OX کے ساتھ اور ٹمپریچر کو Y محور یعنی OY کے ساتھ ظاہر کیا جائے تو اس طرح سے ٹمپریچر این ٹراپی کا گراف (Entropy graph Temperature) حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ ٹمپریچر کو بالعموم حرف (ٹی) T سے اور این ٹراپی کو حرف (فائی) ϕ سے تعبیر کیا جاتا ہے ، اس لیے اس گراف کو ٹی‌فائی گراف (Tephigraph) یا ٹی فائی شکل(Tephi diagram) بھی کہتے ہیں۔

کارنو دور کے لیے ٹمپریچر این ٹراپی کا گراف ۔ کارنو دور (Carnot cycle) کے لیے نیچے ٹمپریچر این ٹراپی شکل (Temperature entropy diagram) اور اس شکل کے ساتھ مقابلہ کرنے کے لیے اس سے اوپر دباؤ حجم شکل (Pressure volume diagram) کھینچی گئی ہے۔ یہ دباؤ حجم شکل وہی ہے جس کی شکل کی تشریح پچھلے باب میں کارنوانجن (Carnot engine) کے حال میں بیان کی گئی ہے۔ جب ''دباؤ حجم شکل'' میں کارکن شے حالت A سے ہم تپش طور پر (Isothermally) پھیل کر حالت B کو جاتی ہے تو یہ حرارت Q_1 جذب کرتی ہے جس سے اس کی این ٹراپی بقدر ϕ_1 کے بڑھ جاتی ہے جب کہ ϕ_1 کی قیمت $\frac{Q_1}{T_1}$ کے برابر ہوتی ہے۔ ''ٹمپریچر این ٹراپی شکل'' میں یہ صورت حال A'B' خط سے ظاہر ہوتی ہے۔ اس دوران میں

این‌ٹراپی A سے B تک بقدر ϕ_1 کے بڑھتی ہے مگر اس تبدیلی کے ہم تپش (Isothermal) ہونے کے باعث اس کا ٹمپریچر ایک ہی قیمت T_1 پر قائم رہتا ہے ، اس لیے ٹمپریچر این ٹراپی شکل یعنی ٹی فائی شکل (Tephi diagram) میں A'B' محور OX کے متوازی ہے - اس طرح A'B' خط



سے این ٹراپی کا بڑھتے جانا اور ٹمپریچر کا مستقل رہنا ظاہر ہوتا ہے - جب ''حجم دباؤ شکل'' میں کار کن شے حالت B سے حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) پھیل کر حالت C تک آتی ہے تو اس کا ٹمپریچر گر کر T_2 ہو جاتا ہے - مگر چونکہ اس تبدیلی کے دوران میں یہ شے نہ حرارت جذب کرتی ہے اور نہ خارج کرتی ہے ، اس لیے اس کی این ٹراپی میں کوئی تبدیلی نہیں آتی - یہ این ٹراپی ϕ_1 ہی رہتی ہے - ''ٹمپریچر



این ٹراپی شکل'' میں یہ صورت حال C'B' خط سے ظاہر ہوتی ہے - چونکہ

اس دوران میں ٹمپریچر تو T_1 سے کم ہو کر T_2 ہو جاتا ہے مگر این ٹراپی ایک ہی قیمت ϕ_1 پر مستقل رہتی ہے ، اس لیے خط B'C' محور OY کے متوازی ہے ۔

جب 'حجم دباؤ شکل' میں کارکن شے حالت C سے ٹمپریچر T_2 پر ہم تپش طریقے سے (Isothermally) سکڑ کر حالت D تک آتی ہے ۔ تو حرارت Q_2 خارج کرتی ہے جس سے اس کی این ٹراپی بقدر $\varnothing_2$ کے گھٹ جاتی ہے جب کہ ϕ_2 کی قیمت $\frac{Q_2}{T_2}$ کے برابر ہوتی ہے ۔ ''ٹمپریچر این ٹراپی شکل ، میں یہ صورت حال خط C'D' سے ظاہر ہوتی ہے ۔ اس دوران میں این ٹراپی C' سے D' تک بقدر ϕ_2 کے کم ہوتی ہے مگر اس تبدیلی کے ہم تپش ہونے کے باعث اس کا ٹمپریچر ایک ہی قیمت T_2 پر قائم رہتا ہے ۔ اس لیے ٹمپریچر این ٹراپی شکل میں خط C'D' محور OX کے متوازی ہے ۔ اس طرح C'D' خط سے این ٹراپی کا گھٹتے جاتا اور ٹمپریچر کا مستقل رہنا ظاہر ہوتا ہے ۔ علاوہ ازیں

$$\because \quad \frac{Q_1}{T_2}=\frac{Q_2}{T_2}$$

$$\therefore \quad \phi_1 = \phi_2$$

اس کا مطلب یہ ہے کہ ٹمپریچر این ٹراپی شکل میں C'D' کی لمبائی A'B' کے عین برابر ہے اور اس وجہ سے اس شکل کا آخری ضلع D'A' محور OY کے متوازی ہے اور اسے متوازی ہی ہونا چاہیے جیسا کہ ایک اور طریقے سے بھی ثابت ہے ۔

جب 'حجم دباؤ شکل' میں کارکن شے حالت D سے حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) سکڑ کر حالت A کو واپس آ جاتی ہے تو اس کا ٹمپریچر بڑھ کر T_1 ہو جاتا ہے مگر چونکہ اس تبدیلی کے دوران میں یہ شے نہ حرارت جذب کرتی ہے اور نہ خارج کرتی ہے ، اس لیے اس کی این ٹراپی میں کوئی تبدیلی نہیں آتی ۔ یہ این ٹراپی ϕ_2 ہی رہتی ہے ۔ ''ٹمپریچر این ٹراپی شکل'' میں یہ صورت حال خط D'A' سے ظاہر ہوتی ہے ۔

چونکہ اس دوران میں ٹمپریچر تو T_2 سے اونچا ہو کر T_1 ہو جاتا ہے مگر این ٹراپی ایک ہی قیمت ϕ_2 پر مستقل رہتی ہے ، اس لیے خط $D'A'$ محور OY کے متوازی ہوتا ہے ۔ ان تمام امور کے باعث شکل $A'B'C'D'$ ایک مستطیل ہوتی ہے جس کا ایک ضلع این ٹراپی $(\phi_1-\phi_2)$ کے برابر اور دوسرا ضلع (T_1-T_2) کے برابر ہوتا ہے ۔

'دباؤ حجم شکل' میں رقبہ $ABCD$ اس مفید کام W کو ظاہر کرتا ہے جو کارنو انجن اپنے ایک دور میں سرانجام دیتا ہے ۔ اس کی تشریح پہلے گزر چکی ہے ۔ اب ہم دیکھنا چاہتے ہیں کہ ٹمپریچر این ٹراپی شکل میں رقبہ $A'B'C'D'$ کس کے برابر ہے ۔ چونکہ رقبہ ایک مستطیل ہے جس کا ایک ضلع ϕ_1 یا ϕ_2 ہے (یہ دونوں برابر ہیں) اور دوسرا ضلع T_1-T_2 ہے اس لیے

$$A'B'C'D' \text{ رقبہ} = \phi_1(T_1-T_2) = \phi_2\,(T_1-T_2)$$

$$\because \quad \phi_1 = \frac{Q_1}{T_1}\,,\ \phi_2 = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\text{علاوہ ازیں } \phi_1 = \phi_2$$

$$\therefore\ \phi_1 = \phi_2 = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1-Q_2}{T_1-T_2}\ *$$

$$\text{یا} \quad \phi_1 = \frac{Q_1-Q_2}{T_1-T_2}$$

---

* اس کو ثابت کرنے کے لیے فرض کرو کہ

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} = K \quad \therefore \quad Q_1 = KT_1,\ Q_2 = KT_2$$

$$\therefore \quad Q_1 - Q_2 = K(T_1 - T_2)$$

$$\text{یا} \quad \frac{Q_1-Q_2}{T_1-T_2} = K = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\because \quad A'B'C'D' \text{ رقبہ} = \phi_1(T_1 - T_2) \;.\;.\;.\;.\;.\;(ii)$$

مساوات (i) کو (ii) میں شامل کرنے سے

$$A'B'C'D' \text{ رقبہ} = \frac{Q_1 - Q_2}{T_1 - T_2} \times T_1 - T_2$$

$$A'B'C'D' \text{ رقبہ} = Q_1 - Q_2$$

پس ''ٹمپریچر این ٹراپی شکل'' میں رقبہ $A'B'C'D'$ حرارت $Q_1 - Q_2$ کو ظاہر کرتا ہے جو فی الحقیقت کام W میں منتقل ہوتی ہے -

پھر چونکہ کارنو انجن کی صورت میں حرارت $Q_1 - Q_2$ اور کام W باہم برابر ہوتے ہیں ، اس سے ظاہر ہے کہ دباؤ حجم شکل میں ABCD اور ٹمپریچر این ٹراپی شکل میں $A'B'C'D'$ دونوں کا رقبہ ایک ہی ہے -

اگر کارنو انجن کی کارکردگی (Efficiency) η ہو تو

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\because \quad Q_1 - Q_2 = A'B'C'D' \text{ رقبہ} = (T_1 - T_2)\phi_1$$

$$\because \quad \frac{Q_1}{T_1} = \phi_1 \quad \text{یا} \quad Q_1 = \phi_1 T_1$$

$(Q_1 - Q_2)$ اور Q_1 کی ان قیمتوں کو آوپر کی مساوات میں درج کرنے سے

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{(T_1 - T_2)\,\phi_1}{\phi_1\, T_1}$$

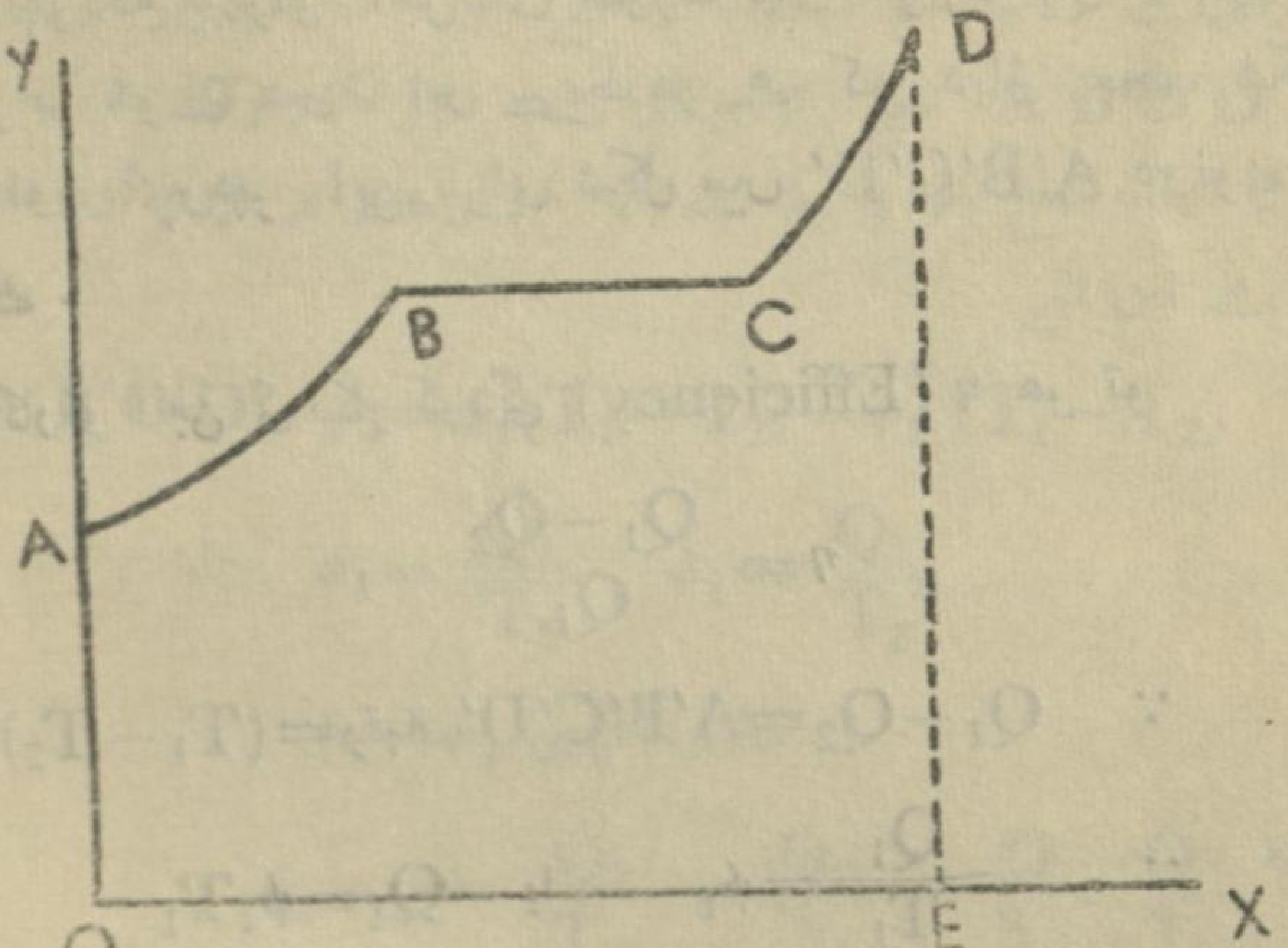
$$\therefore \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

یہ وہی نتیجہ ہے جو ایک اور طریقے سے پہلے بھی نکالا جا چکا ہے -

پانی کے بھاپ میں منتقل ہونے پر ٹمپریچر این ٹراپی شکل -

فرض کیجیے کہ ایک گرام پانی کا ابتدائی ٹمپریچر 0°C یا 273°A ہے

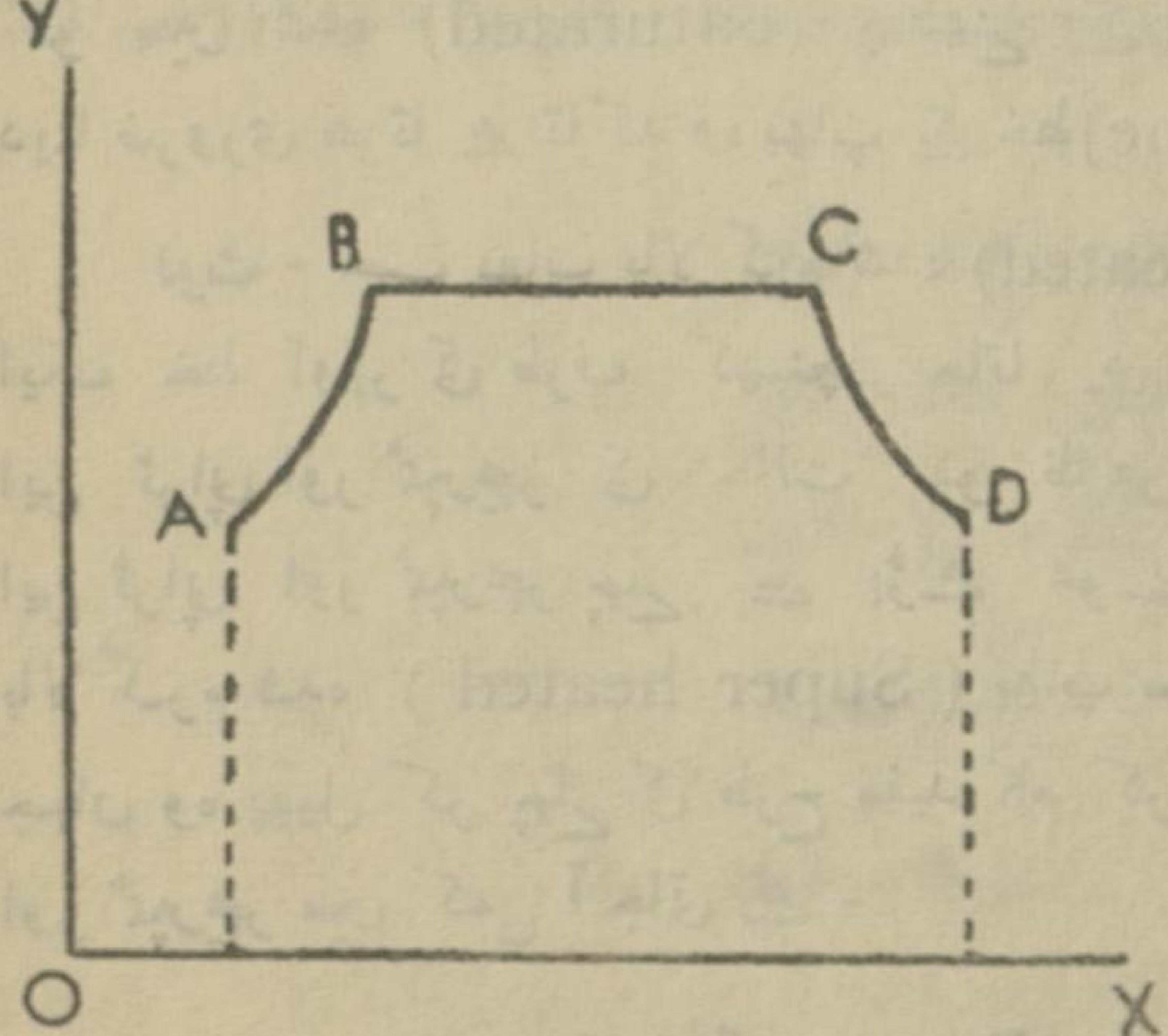
تب عام رواج (Convention) کے مطابق اس کی این ٹراپی ϕ صفر ہے - ٹمپریچر این ٹراپی شکل میں اس کی یہ حالت نقطہ A سے ظاہر ہے - جب کہ OA ٹمپریچر 273°A کے برابر ہے - یہ نقطہ محور OY پر واقع ہے جو ثابت کرتا ہے کہ اس کی این ٹراپی صفر ہے - جب اس پانی کو 100°C یا 373°A تک گرم کیا جاتا ہے تو اس کی این ٹراپی $S \log \frac{373}{273}$ ہو جاتی ہے جس میں S پانی کی حرارت مخصوصہ ہے جس کو ایک لیا جا سکتا ہے جس سے یہ این ٹراپی $\log_e \frac{373}{273}$ ہوتی ہے - اس کی قیمت پہلے 0·312 کلوری فی ڈگری نکالی جا چکی ہے - شکل میں



نقطہ B پانی کی اس حالت کو ظاہر کرتا ہے جب اس کا ٹمپریچر 100°C یا 373°A ہے اور اس کی این‌ٹراپی 0·312 کلوری فی ڈگری ہے - 100°C یا 373°A پر یہ پانی مزید حرارت کو جو بھاپ کی مخفی حرارت L کے برابر ہوتی ہے، رفتہ رفتہ جذب کرتا ہے اور بھاپ میں تبدیل ہوتا جاتا ہے مگر اس کا ٹمپریچر 373°A پر ہی برقرار رہتا ہے - اس کی یہ حالت خط BC سے ظاہر ہے جو محور OX کے متوازی ہے - نقطہ C پر پہنچ کر وہ تمام کا تمام بھاپ میں منتقل ہو جاتا ہے۔ چونکہ بھاپ کی مخفی حرارت L کی قیمت 540 کلوری ہے، اس لیے B سے C تک جانے میں اس کی این‌ٹراپی بقدر $\frac{540}{373}$ یعنی 1·448 بڑھ جاتی ہے اور چونکہ B پر وہ 0·312 ہوتی ہے

اس لیے C پر پہنچ کر وہ $0{\cdot}312+1{\cdot}448$ یعنی 1·76 ہو جاتی ہے -
این ٹراپی کی یہ قیمت نقطہ C سے ظاہر ہے - اس کے بعد اگر بھاپ کو
بالا گرم (Super heat) کیا جائے تو اس کی این ٹراپی میں مزید اضافہ
ہوتا ہے - یہ اضافہ شکل میں خط CD سے ظاہر ہے - اگر D سے ایک
عمودی خط DE محور OX پر کھینچا جائے تو رقبہ OABCDE
حرارتی توانائی کی اس مقدار کو ظاہر کرتا ہے جو پانی 0°C سے بالا
گرم شدہ بھاپ میں تبدیل ہونے کے دوران میں جذب کرتا ہے -

بھاپ کے انجن کے لیے ٹمپریچر این ٹراپی شکل - بھاپ کے انجن
(Steam engine) کے دو بڑے حصے بوائلر اور سلنڈر ہیں - بوائلر
میں پانی کو جوش دے کر بھاپ میں منتقل کیا جاتا ہے اور سلنڈر
میں اس بھاپ سے کام لیا
جاتا ہے - اگر ہم بوائلر
میں ایک گرام پانی کو
زیر غور لائیں تو پہلے
یہ پانی کرہ ہوائی کے
عام ٹمپریچر T_2 پر ہوتا
ہے اور اس کی این ٹراپی
نسبتاً کم ہوتی ہے -
ٹمپریچر این ٹراپی شکل میں
اس کی یہ حالت نقطہ A



سے ظاہر ہے جب کہ A کے مقابل میں ٹمپریچر T_2 (مطلق) ہے -

جب بوائلر کو حرارت پہنچائی جاتی ہے تو اس پانی کا ٹمپریچر T_2 سے
بڑھ کر T_1 ہو جاتا ہے جو پانی کا نقطہ جوش ہے اور اس کی این ٹراپی
بھی بقدر $S \log \frac{T_2}{T_1}$ بڑھ جاتی ہے جب کہ S پانی کی حرارت مخصوصہ
ہے ، جسے ایک لیا جا سکتا ہے - این ٹراپی اور ٹمپریچر کا یہ اضافہ شکل
میں خط AB سے ظاہر ہے -

نقطہ جوش T_2 پر پہنچ کر یہ پانی مزید حرارت لے کر بھاپ میں تبدیل ہوتا ہے ۔ اس وقت اس کی این ٹراپی تو بقدر $\frac{L}{T_1}$ بڑھ جاتی ہے جب کہ L بھاپ کی مخفی حرارت ہے ، مگر اس کا ٹمپریچر T_1 پر برقرار رہتا ہے ۔ شکل میں یہ صورت حال خط BC سے ظاہر ہے ۔ چونکہ B سے C تک ٹمپریچر میں کوئی تبدیلی نہیں آتی اس لیے خط BC محور OX کے متوازی ہے ۔

نقطہ C پر پہنچ کر تمام پانی بھاپ میں تبدیل ہو چکتا ہے اور یہ بھاپ اب سلنڈر میں داخل کی جاتی ہے ، جہاں وہ پھیلتی ہے اور مفید کام کرتی ہے ۔ اس دوران میں اس کی این ٹراپی اور ٹمپریچر کم ہوتے ہیں اور یہ صورت حال CD سے ظاہر ہے ۔ اس حالت میں بھاپ کو سیر شدہ (Saturated) رکھنے کے لیے اس کو مسلسل حرارت دینا ضروری ہوتا ہے تاکہ وہ بھاپ کے خط (Steam line) CD پر رہے ۔

نوٹ ۔ جب بھاپ بالا گرم شدہ (Super heated) ہو تو C سے ایک خط اوپر کی طرف کھینچا جاتا ہے جو اس کی بالا گرم شدگی این ٹراپی اور ٹمپریچر کی حالت کو ظاہر کرتا ہے جہاں اس کی این ٹراپی اور ٹمپریچر پہلے سے بڑھے ہوتے ہیں ۔ اس کے بعد یہ بالا گرم شدہ (Super heated) بھاپ سلنڈر میں داخل کی جاتی ہے جہاں وہ پھیل کر پہلے کی طرح مفید کام کرتی ہے اور اس کی این ٹراپی اور ٹمپریچر میں کمی آ جاتی ہے ۔

حرارتی حرکیاتی تعلقات

(Thermo-dynamical Relations)

میکسویل (Maxwell) نے حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کے دونوں قوانین کو مناسب طور پر استعمال کر کے چند بنیادی تعلقات اخذ کیے جو **حرارتی حرکیاتی تعلقات** (Thermo-dynamical relations) کہلاتے ہیں ۔ ان تعلقات کا عملی اطلاق

کو حرارت کے متعلق بہت سے مسائل کی تشریح میں قابل قدر مدد ملتی ہے -

میکسویل کی عمومی مساوات - حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) میں کسی شے کی حالت کو بیان کرنے کے لیے اس کے دباؤ p ، اس کے حجم v ، اس کے مطلق ٹمپریچر T اور اس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی ϕ سے کام لیا جاتا ہے - ان چاروں میں سے جب کبھی دو مقداریں معلوم ہو جائیں تو اس شے کی حالت متعین ہو جاتی ہے - اس اصول کی بنا پر ہم میکسویل (Maxwell) کے حرارتی حرکیانی تعلقات کے متعلق ذیل کے طریقے سے پہلے ایک عمومی مساوات اخذ کرتے ہیں -

حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) کا پہلا قانون ریاضی کی زبان میں یوں لکھا جاتا ہے -

$$dQ = du + pdv$$

$$\therefore \quad du = dQ - pdv \; \dots\dots\dots\dots \; (i)$$

حرارتی حرکیات کے دوسرے قانون کے مطابق

$$d\phi = \frac{dQ}{T}$$

$$\therefore \quad dQ = Td\phi \dots\dots\dots\dots\dots \; (ii)$$

(ii) کو (i) میں شامل کرنے سے

$$du = Td\phi - pdv \; \dots\dots\dots \; (iii)$$

اس تعلق کو ہم دو آزاد (Independent) متبادل مقداروں (Variable quantities) x اور y میں ظاہر کرتے ہیں ، تاکہ بعد میں x اور y کو p ، v ، T اور ϕ میں سے کوئی سی دو مقداریں قرار دے کر نئے تعلقات اخذ کیے جا سکیں -

چونکہ ϕ اور v کو ہمارے مفروضے کے مطابق x اور y میں ظاہر

کیا جا سکتا ہے - اس لیے احصاء یعنی کیلکولس کے مروجہ اصولوں کے مطابق

$$d\phi=\left(\frac{d\phi}{dx}\right)_y dx+\left(\frac{d\phi}{dy}\right)_x dy$$

$$dv=\left(\frac{dv}{dx}\right)_y dx+\left(\frac{dv}{dy}\right)_x dy$$

$d\phi$ اور dv کی ان قیمتوں کو (iii) میں شامل کرنے سے

$$du=\mathrm{T}\left(\frac{d\phi}{dx}\right)_y dx+\mathrm{T}\left(\frac{d\phi}{dy}\right)_x dy$$

$$-p\left(\frac{dv}{dx}\right)_y dx-p\left(\frac{dv}{dy}\right)_x dy$$

$$=\left[\mathrm{T}\left(\frac{d\phi}{dx}\right)_y-p\left(\frac{dv}{dx}\right)_y\right]dx$$

$$+\left[\mathrm{T}\left(\frac{d\phi}{dy}\right)_x-p\left[\frac{dv}{dy}\right]_x\right]dy$$

$$\therefore\quad \left[\frac{du}{dx}\right]_y=\mathrm{T}\left[\frac{d\phi}{dx}\right]_y-p\left[\frac{dv}{dx}\right]_y \ldots\ldots (iv)$$

اور

$$\left[\frac{du}{dy}\right]_x=\mathrm{T}\left[\frac{d\phi}{dy}\right]_x-p\left[\frac{dv}{dy}\right]_x \ldots (v)$$

اندرونی توانائی du میں v اور T کے بدل جانے سے جو تبدیلی آتی ہے، اس کا جائزہ لینے کے لیے اگر ہم پہلے v میں dv تبدیلی کریں اور پھر T میں $d\mathrm{T}$ تبدیلی کریں تو نتیجہ وہی نکلتا ہے اگر اس کے برعکس عمل کریں یعنی پہلے T میں $d\mathrm{T}$ تبدیلی کریں اور پھر v میں dv تبدیلی عمل میں لائیں - ریاضی کی زبان میں اسے یوں کہا جا سکتا ہے کہ du ایک کامل تفرق (Perfect differential) ہے، اس لیے

$$\frac{d}{dy}\left[\frac{du}{dx}\right]_y=\frac{d}{dx}\left[\frac{du}{dy}\right]_x$$

اس کا اطلاق (iv) اور (v) پر کرنے سے

$$\frac{d}{dy}\left[\mathrm{T}\left(\frac{d\phi}{dx}\right)_y-p\left(\frac{dv}{dx}\right)_y\right]$$

$$=\frac{d}{dx}\left[\mathrm{T}\left(\frac{d\phi}{dy}\right)_x-p\left(\frac{dv}{dy}\right)_x\right]$$

$$\therefore\left[\frac{d\mathrm{T}}{dy}\right]_x\left[\frac{d\phi}{dx}\right]_y+\mathrm{T}\,\frac{d^2\phi}{dxdy}$$

$$-\left[\frac{dp}{dy}\right]_x\left[\frac{dv}{dy}\right]_x-p\frac{d^2v}{dxdy}$$

$$=\left[\frac{d\mathrm{T}}{dx}\right]_y\left[\frac{d\phi}{dy}\right]_x+\mathrm{T}\,\frac{d^2\phi}{dxdy}$$

$$-\left[\frac{dp}{dx}\right]_y\left[\frac{dv}{dy}\right]_x-p\frac{d^2v}{dxdy}$$

دونوں اطراف میں یکساں مقداروں کو ساقط کرنے سے

$$\left[\frac{d\mathrm{T}}{dy}\right]_x\left[\frac{d\phi}{dx}\right]_y-\left[\frac{dp}{dy}\right]_x\left[\frac{dv}{dx}\right]_y$$

$$=\left[\frac{d\mathrm{T}}{dx}\right]_y\left[\frac{d\phi}{dy}\right]_x-\left[\frac{dp}{dx}\right]_y\left[\frac{dv}{dy}\right]_x$$

ان میں نیچے کے لاحقوں (Suffixes) کو دور کرنے سے

$$\frac{d\mathrm{T}}{dy}\cdot\frac{d\phi}{dx}-\frac{dp}{dy}\cdot\frac{dv}{dx}=\frac{d\mathrm{T}}{dx}\cdot\frac{d\phi}{dy}-\frac{dp}{dx}\cdot\frac{dv}{dy}$$

یہ میکسویل کی عمومی مساوات ہے جس میں x اور v کو p ، v ، T اور ϕ میں کوئی سی دو مقداریں قرار دے کر ذیل کی چھ مساواتیں اخذ کی جا سکتی ہیں -

میکسویل کی پہلی مساوات - اگر x کو T اور y کو v قرار دیا جائے تو

$$\frac{dT}{dx} = \frac{dx}{dx} = 1$$

$$\frac{dv}{dy} = \frac{dy}{dy} = 1$$

T چونکہ y کے مقابلے میں مستقل ہے ، اس لیے

$$\frac{dT}{dy} = 0$$

v چونکہ x کے مقابلے میں مستقل ہے اس لیے

$$\frac{dv}{dx} = 0$$

ان قیمتوں کو عمومی مساوات

$$\frac{dT}{dy} \cdot \frac{d\phi}{dx} - \frac{dp}{dy} \cdot \frac{dv}{dx} = \frac{dT}{dx} \cdot \frac{d\phi}{dy} - \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dv}{dy}$$

میں درج کرنے سے

$$0 \times \frac{d\phi}{dx} - \frac{dp}{dy} \times 0 = 1 \times \frac{d\phi}{dy} - \frac{dp}{dx} \times 1$$

یا $$\frac{d\phi}{dy} - \frac{dp}{dx} = 0$$

$$\therefore \quad \frac{d\phi}{dy} = \frac{dp}{dx}$$

چونکہ x کو T کے برابر اور y کو v کے برابر مانا گیا ہے اور یہ دونوں ایک دوسرے سے آزاد (Independent) ہیں ، اس لیے dy کی بجائے dv اور dx کی بجائے dT لکھنے سے

$$\left[\frac{d\phi}{dv}\right]_T = \left[\frac{dp}{dT}\right]_v$$

یہ میکسویل کی پہلی مساوات ہے -

میکسویل کی دوسری مساوات - اگر x کو T اور y کو p قرار دیا جائے تو

$$\frac{dT}{dx}=\frac{dx}{dx}=1$$

$$\frac{dp}{dy}=\frac{dy}{dy}=1$$

T چونکہ y کے مقابلے میں مستقل ہے اس لیے

$$\frac{dT}{dy}=0$$

p چونکہ x کے مقابلے میں مستقل ہے اس لیے

$$\frac{dp}{dx}=0$$

ان قیمتوں کو عمومی مساوات

$$\frac{dT}{dy}\cdot\frac{d\phi}{dx}-\frac{dp}{dy}\cdot\frac{dv}{dx}=\frac{dT}{dx}\cdot\frac{d\phi}{dy}-\frac{dp}{dx}\cdot\frac{dv}{dy}$$

میں درج کرنے سے

$$0\times\frac{d\phi}{dx}-1\times\frac{dv}{dx}=1\times\frac{d\phi}{dy}-0\times\frac{dv}{dy}$$

یا

$$-\frac{dv}{dx}=\frac{d\phi}{dy}$$

یا

$$\frac{d\phi}{dy}=-\frac{dv}{dx}$$

چونکہ x کو T کے برابر اور y کو p کے برابر مانا گیا ہے اور یہ دونوں ایک دوسرے سے آزاد (Indepeneent) ہیں، اس لیے dy کی بجائے dp اور dx کی بجائے dT لکھنے سے

$$\left[\frac{d\phi}{dp}\right]_T=-\left[\frac{dv}{dT}\right]_v$$

یہ **میکسویل کی دوسری مساوات ہے** -

میکسویل کی تیسری مساوات - اگر x کو ϕ اور y کو v قرار دیا جائے تو

$$\frac{d\phi}{dx}=\frac{dx}{dx}=1$$

$$\frac{dy}{dy}=\frac{dy}{dy}=1$$

ϕ چونکہ y کے مقابلے میں مستقل ہے

$$\therefore \qquad \frac{d\phi}{dy}=0$$

v چونکہ x کے مقابلے میں مستقل ہے

$$\therefore \qquad \frac{dv}{dx}=0$$

ان قیمتوں کو عمومی مساوات

$$\frac{dT}{dy}\cdot\frac{d\phi}{dx}-\frac{dp}{dy}\cdot\frac{dv}{dx}=\frac{d\Gamma}{dx}\cdot\frac{d\phi}{dy}-\frac{dp}{dx}\cdot\frac{dv}{dy}$$

میں درج کرنے سے

$$\frac{dT}{dy}\times 1-\frac{dp}{dy}\times 0=\frac{dT}{dx}\times 0-\frac{dp}{dx}\times 1$$

$$\text{یا} \qquad \frac{dT}{dy}=-\frac{dp}{dx}$$

چونکہ x کو ϕ کے برابر اور y کو v کے برابر مانا گیا ہے اور یہ دونوں ایک دوسرے سے آزاد (Independent) ہیں - اس لیے dy کی بجائے dv اور dx کی بجائے $d\phi$ لکھنے سے

$$\left[\frac{dT}{dv}\right]_\phi=-\left[\frac{dp}{d\phi}\right]_v$$

یہ میکسویل کی تیسری مساوات ہے -

میکسویل کی چوتھی مساوات - اگر x کو ϕ اور y کو p قرار دیا جائے تو

$$\frac{d\phi}{dx}=\frac{dx}{dx}=1$$

$$\frac{dp}{dy}=\frac{dy}{dy}=1$$

ϕ چونکہ y کے مقابلے میں مستقل ہے ، اس لیے

$$\frac{d\phi}{dy}=0$$

p چونکہ x کے مقابلے میں مستقل ہے ، اس لیے

$$\frac{dp}{dx}=0$$

ان قیمتوں کو عمومی مساوات

$$\frac{dT}{dy}\cdot\frac{d\phi}{dx}-\frac{dp}{dy}\cdot\frac{dv}{dx}=\frac{dT}{dx}\cdot\frac{d\phi}{dy}-\frac{dp}{dx}\cdot\frac{dv}{dy}$$

میں درج کرنے سے

$$\frac{dT}{dy}\times 1-1\times\frac{dv}{dx}=\frac{dT}{dx}\times 0-\frac{dp}{dx}\times 0$$

یا

$$\frac{dT}{dy}-\frac{dv}{dx}=0$$

یا

$$\frac{dT}{dy}=\frac{dv}{dx}$$

چونکہ x کو ϕ کے برابر اور y کو p کے برابر مانا گیا ہے اور یہ دونوں ایک دوسرے سے آزاد (Independent) ہیں ، اس لیے dy کی بجائے dp اور dx کی بجائے $d\phi$ لکھنے سے

$$\left[\frac{dT}{dp}\right]_\phi=\left[\frac{dv}{d\phi}\right]_p$$

یہ میکسویل کی چوتھی مساوات ہے -

میکسویل کی پانچویں مساوات - اگر x کو p اور y کو v قرار دیا جائے تو

$$\frac{dp}{dx}=\frac{dx}{dx}=1$$

$$\frac{dv}{dy}=\frac{dy}{dy}=1$$

p چونکہ y کے مقابلے میں مستقل ہے

$$\therefore \qquad \frac{dp}{dy}=0$$

v چونکہ x کے مقابلے میں مستقل ہے

$$\therefore \qquad \frac{dv}{dx}=0$$

ان قیمتوں کو عمومی مساوات

$$\frac{dT}{dy}\cdot\frac{d\phi}{dx}-\frac{dp}{dy}\cdot\frac{dv}{dx}=\frac{dT}{dx}\cdot\frac{d\phi}{dy}-\frac{dp}{dx}\cdot\frac{dv}{dy}$$

میں شامل کرنے سے

$$\frac{dT}{dy}\cdot\frac{d\phi}{dx}-0=\frac{dT}{dx}\cdot\frac{d\phi}{dy}-1$$

یا

$$\frac{dT}{dy}\cdot\frac{d\phi}{dx}=\frac{dT}{dx}\cdot\frac{d\phi}{dy}-1$$

چونکہ x کو p کے برابر اور y کو v کے برابر مانا گیا ہے اور یہ دونوں ایک دوسرے سے آزاد (Independent) ہیں ، اس لیے dy کی بجائے dv اور dx کی بجائے dp لکھتے ہے

$$\left(\frac{dT}{dv}\right)_p\left(\frac{d\phi}{dp}\right)_v=\left(\frac{dT}{dp}\right)_v\left(\frac{d\phi}{dv}\right)_p-1$$

$$\therefore \qquad \left(\frac{dT}{dp}\right)_v\left(\frac{d\phi}{dv}\right)_p-\left[\frac{dT}{dv}\right]_p\left[\frac{d\phi}{dp}\right]_v=1$$

یہ میکسویل کی پانچویں مساوات ہے -

میکسویل کی چھٹی مساوات ۔ اگر x کو T اور y کو ϕ قرار دیا جائے تو

$$\frac{dT}{dx} = \frac{dx}{dx} = 1$$

$$\frac{d\phi}{dy} = \frac{dy}{dy} = 1$$

T چونکہ y کے مقابلے میں مستقل ہے

$$\therefore \qquad \frac{dT}{dy} = 0$$

ϕ چونکہ x کے مقابلے میں مستقل ہے

$$\therefore \qquad \frac{d\phi}{dx} = 0$$

اس قیمتوں کو عمومی مساوات

$$\frac{dT}{dy} \cdot \frac{d\phi}{dx} - \frac{dp}{dy} \cdot \frac{dv}{dx} = \frac{dT}{dx} \cdot \frac{d\phi}{dy} - \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dv}{dy}$$

میں درج کرنے سے

$$0 - \frac{dp}{dy} \cdot \frac{dv}{dx} = 1 - \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dv}{dy}$$

یا

$$-\frac{dp}{dy} \cdot \frac{dv}{dx} = 1 - \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dv}{dy}$$

چونکہ x کو T کے برابر اور y کو ϕ کے برابر مانا گیا ہے اور یہ دونوں ایک دوسرے سے آزاد (Independent) ہیں ، اس لیے dy کی بجائے $d\phi$ اور dx کی بجائے dT لکھنے سے

$$-\left[\frac{dp}{d\phi}\right]_T \left[\frac{dv}{dT}\right]_\phi = 1 - \left[\frac{dp}{dT}\right]_\phi \left[\frac{dv}{d\phi}\right]_T$$

$$\therefore \qquad \left[\frac{dp}{dT}\right]_\phi \left[\frac{dv}{d\phi}\right]_T - \left[\frac{dp}{d\phi}\right]_T \left[\frac{dv}{dT}\right]_\phi = 1$$

یہ میسکویل کی چھٹی مساوات ہے ۔

نوٹ ۔ میسکویل کی مساواتوں میں سے پہلی چار زیادہ اہم ہیں اور آخری دو نسبتاً کم اہمیت رکھتی ہیں ۔

میسکویل کی مساواتوں کا عملی اطلاق - میسکویل کی جو چھ مساواتیں آوپر بیان کی گئی ھیں ان کے عملی اطلاق سے حرارت کے متعدد تعلقات اور نتائج اخذ کیے جا سکتے ھیں، جیسا کہ ذیل کی مثالوں سے ظاھر ھے -

میسکویل کی پہلی مساوات سے مخفی حرارت کی مساوات کو اخذ کرنا - میکسویل کی پہلی مساوات یہ ھے -

$$\left[\frac{d\phi}{dv}\right]_T = \left[\frac{dp}{dT}\right]_v$$

$$\because \quad d\phi = \frac{dQ}{T}$$

$$\left[\frac{dQ}{dv}\right]_T \times \frac{1}{T} = \left[\frac{dp}{dT}\right]_v$$

یا

$$\left[\frac{dQ}{dv}\right]_T = T\left[\frac{dp}{dT}\right]_v$$

اس مساوات سے ظاھر ھوتا ھے کہ حجم کے ساتھ حرارت کی مقدار میں ھم تپش (Isothermal) تبدیلی کی شرح، مطلق ٹمپریچر اور مستقل حجم پر ٹمپریچر کے ساتھ دباؤ کی تبدیلی کی شرح کے حاصل ضرب کے برابر ھوتی ھے - اب اگر حرارت کے جذب ھونے پر کسی شے کا ٹمپریچر نہ بڑھے، صرف اس کے حجم میں تبدیلی ھو جائے تو یہ حرارت اس شے کی مخفی حرارت (Latent heat) ھی ھوتی ھے جو اس شے کی حالت کی تبدیلی کو پیدا کرنے کے لیے (جس کے ساتھ حجم کی تبدیلی بھی واقع ھوتی ھے) کام آتی ھے - اگر کسی شے کے ایک گرام کو ایک حالت سے دوسری حالت میں تبدیل کرنے کے لیے حرارت L درکار ھو (جب کہ یہ L مخفی حرارت ھے) اور پہلی حالت میں اس شے کا حجم مخصوصہ (Specific volume) v_1 اور دوسری حالت میں حجم مخصوصہ v_2 ھو (جب کہ ایک گرام شے کا حجم اس کا حجم مخصوصہ ھوتا ھے) تو

$$\left[\frac{dQ}{dv}\right]_T = \left[\frac{L}{v_2 - v_1}\right]$$

اس قیمت کو میکسویل کی تیسری مساوات میں درج کرنے سے

$$\frac{L}{v_2 - v_1} = T \left[\frac{dp}{dT} \right]_v$$

$$\therefore \qquad \frac{dp}{dT} = \frac{}{T(v_2 - v_1)}$$

یہ کلاسئیس کلاپے رون (Clausius-Clapeyron) کی مخفی حرارت کی مساوات ہے جس کا تفصیلی تذکرہ پہلے بیان ہو چکا ہے۔

میکسویل کی دوسری مساوات سے اشیا پر حرارت کا اثر معلوم کرنا۔
میکسویل کی دوسری مساوات یہ ہے۔

$$\left[\frac{d\phi}{dp} \right]_T = -\left[\frac{dv}{dT} \right]_v$$

$$\because \qquad d\phi = \frac{dQ}{T}$$

$$\therefore \qquad \left[\frac{dQ}{dp} \right]_T \times \frac{1}{T} = -\left[\frac{dv}{dT} \right]_p$$

$$\text{یا} \qquad \left[\frac{dQ}{dp} \right]_T = -T \left[\frac{dv}{dT} \right]_p$$

اس میں $\left[\frac{dv}{dT} \right]_p$ مستقل دباؤ پر ٹمپریچر کے ساتھ حجم کی تبدیلی کی شرح ہے جسے دوسرے لفظوں میں حجم کی زیادتی کا معیار (Coefficient of increase) کہتے ہیں ، اگر اس معیار کو α سے تعبیر کیا جائے تو

$$\left(\frac{dQ}{dp} \right)_T = -T\alpha$$

اگر α مثبت ہو اور اس وجہ سے وہ شے حرارت دینے پر پھیلتی ہو تو $\left[\frac{dQ}{dp} \right]_T$ منفی ہوتا ہے۔ اس لیے جب ایسی شے پر دباؤ ڈالا جائے تو

dp کے مثبت ہونے کے باعث dQ منفی ہوتا ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ دباؤ کے زیادہ کرنے پر اگر ہم ٹمپریچر کو برقرار رکھنا چاہیں تو ہمیں $dQ-$ حرارت اس میں شامل کرنا ہوگی یعنی دوسرے لفظوں میں اس میں سے dQ حرارت نکالنی ہوگی - اس سے ظاہر ہے کہ دباؤ کے بڑھانے سے اس شے میں حرارت کا اضافہ ہو جاتا ہے - جسے ٹمپریچر برقرار رکھنے کے لیے اس میں سے نکالنا ضروری ہوتا ہے پس اگر کوئی شے حرارت دینے سے پھیلتی ہو تو اس پر دباؤ ڈالنے سے اس میں حرارت پیدا ہو جاتی ہے - اگر α منفی ہو اور اس وجہ سے وہ شے حرارت پہنچانے پر پھیلتی ہو تو $T\alpha-$ مثبت ہوتا ہے اور اس لیے $\left[\frac{dQ}{dp}\right]_T$ مثبت ہو جاتا ہے - اس لیے جب ایسی شے پر دباؤ ڈالا جائے تو dp کے مثبت ہونے پر dQ بھی مثبت ہوتا ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ دباؤ کے زیادہ کرنے پر اگر ہم ٹمپریچر کو برقرار رکھنا چاہیں تو ہمیں dQ حرارت اس میں شامل کرنا ہوگی - اس سے ظاہر ہے کہ دباؤ کے بڑھانے سے اس شے میں حرارت کی کمی ہو جاتی ہے جسے ٹمپریچر برقرار رکھنے کے لیے اس میں شامل کرنا ضروری ہوتا ہے - پس اگر کوئی شے حرارت پہنچانے پر سکڑتی ہو تو اس پر دباؤ ڈالنے سے اس میں حرارت نکل جاتی ہے اور وہ پہلے سے ٹھنڈی ہو جاتی ہے -

پانی 4°C سے نیچے سکڑتا ہے اور اس وجہ سے 4°C کے نیچے پانی کے حجم کی زیادتی کا معیار (Coefficient of increase of volume) α منفی ہوتا ہے - جاؤل نے تجربے سے ثابت کیا کہ 4°C سے نیچے جب پانی پر حرارت نا گزار طریقے سے دباؤ ڈالا جائے تو اس کا ٹمپریچر گر جاتا ہے اور وہ پہلے سے ٹھنڈا ہو جاتا ہے - اس سے مذکورہ بالا نظریے کی تصدیق ہو جاتی ہے -

حسابی مثالیں

Example 1. One kilogram of ice at 0°C is melted and converted to water at 0°C. Calculate the change in its entropy.

0°C پر ایک کلوگرام برف کو پگھلا کر 0°C پر پانی میں تبدیل کیا گیا ہے تو اس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی معلوم کرو۔

برف کا ماس یعنی کمیت $= m = 1 \text{ kgm} = 1000 \text{ gm.}$

برف کی مخفی حرارت $= L = 80$ (کلوری)

برف کی حاصل کردہ حرارت $= Q = mL = 1000 \times 80$

$= 80000$ (کلوری)

برف اور پانی کا ٹمپریچر $= \theta = 0°C = 273°A$

این ٹراپی کی زیادتی $= \phi = \dfrac{Q}{\theta} = \dfrac{80000}{273}$

$= 293$ (کلوری فی ڈگری)

Example 2. Calculate the change in entropy, when 100 grams of water at 30°C are mixed with 200 grams of water at 0°C, assuming that the specific heat of water is 1 calorie per gram at all temperatures.

جب 100 گرام پانی کو جس کا ٹمپریچر 30°C ہے، 200 گرام پانی میں جس کا ٹمپریچر 0°C ہے، ملایا جاتا ہے تو این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی معلوم کرو ۔ یہ فرض کرلیا گیا ہے کہ پانی کی حرارت مخصوصہ تمام ٹمپریچروں پر 1 کلوری فی گرام ہے ۔

گرم پانی کا ٹمپریچر $= T_1 = 30°C = 303°A$

گرم پانی کی کمیت $= m_1 = 100 \text{ gms.}$

ٹھنڈے پانی کا ٹمپریچر $= T_2 = 0°C = 273°A$

ٹھنڈے پانی کی کمیت $= m_2 = 200 \text{ gms.}$

پانی کی حرارت مخصوصہ $= S = 1$

$T =$ آمیزے کا آخری ٹمپریچر

گرم پانی کی خارج کردہ حرارت $= m_1 S (T_1 - T)$

$= 100 \times 1 \ (30 - T)$

$= 3000 - 100\ T$

ٹھنڈے پانی کی حاصل کردہ حرارت $= m_2 S (T - T_2)$

$= 200 \times 1 \ (T_3 - 0)$

$= 200\ T$

$\because$ خارج کردہ حرارت = حاصل کردہ حرارت

$\therefore \quad 200\ T = 3000 - 100\ T$

یا $\quad 300\ T = 3000$

$\therefore \quad T = 10^\circ C = 283^\circ A$

100 گرام گرم پانی کا ٹمپریچر 303°A سے کم ہو کر 283°A ہوتا ہے اور 200 گرام ٹھنڈے پانی کا ٹمپریچر 273°A سے زیادہ ہو کر 283°A ہوتا ہے۔

گرم پانی کی این ٹراپی کی تبدیلی $= m_1 S (\log T - \log T_1)$

$= 100 (\log_e 283 - \log_e 303)$

$= 100 \times 2{\cdot}3 (\log_{10} 283 - \log_{10} 303)$

$= 230 \times - 0{\cdot}02965 = - 6{\cdot}82$

ٹھنڈے پانی کی این ٹراپی کی تبدیلی $= m_2 S (\log T - \log T_2)$

$= 200 (\log_e 283 - \log_e 273)$

$= 200 \times 2{\cdot}3 (\log_{10} 283 - \log_{10} 273)$

$= 460 \times 0{\cdot}01563 = 7{\cdot}19$

این ٹراپی کی کل تبدیلی $= - 6{\cdot}82 + 7{\cdot}19$

$= 0{\cdot}37$ (کلوری فی ڈگری)

Example 3. 10 gms. of steam at 100°C pass into 100 gm. of water at 15°C. Calculate the change of entropy (Latent heat of steam = 536 calories).

10 گرام بھاپ جس کا ٹمپریچر 100°C ہے 100 گرام پانی میں جس کا ٹمپریچر 15°C ہے، گزاری جاتی ہے۔ این ٹراپی کی تبدیلی معلوم کرو (بھاپ کی مخفی حرارت 536 کلوری ہے)

بھاپ کی کمیت $= m_1 = 10$ gms.

بھاپ کا ٹمپریچر $= T_1 = 100°C = 373°A$

بھاپ کی مخفی حرارت $= L = 536$

پانی کی کمیت $= m_2 = 100$ gms.

پانی کا ٹمپریچر $= T_2 = 15°C = 288°A$

آمیزے کا آخری ٹمپریچر $= T$

بھاپ کی خارج کردہ حرارت $= m_2 L + m (T_1 - T)$

$$= 10 \times 536 + 10 (100 - T)$$

$$= 5360 + 1000 - 10T = 6360 - 10T$$

پانی کی حاصل کردہ حرارت $= m_2 (T - T_2)$

$$= 100 (T - 15)$$

$$= 100\,T - 1500$$

$\because$ خارج کردہ حرارت = حاصل کردہ حرارت

$\therefore \quad 100\,T - 1500 = 6360 - 10\,T$

یا $\quad 110\,T = 6360 + 1500 = 7860$

$\therefore \quad T = 71{\cdot}5°C = 344{\cdot}5°A$

10 گرام بھاپ مخفی حرارت خارج کر کے پہلے پانی بنتی ہے اور پھر اس 10 گرام پانی کا ٹمپریچر 373°A سے کم ہو کر 344·5°A

ھوتا ۔ ھے ادھر 100 گرام پانی کا ٹمپریچر 288°A سے بڑھ کر 344·5°A ھوتا ھے ۔

$$\text{بھاپ کی این ٹراپی کی تبدیلی} = \frac{m_1 L}{T_1} + m_1 (\log T - \log T_1)$$

$$= -\frac{10 \times 536}{373} + 10 (\log_e 344{\cdot}5 - \log_e 373)$$

$$= -\frac{5360}{373} + 10 \times 2{\cdot}3 (\log_{10} 344{\cdot}5 - \log_{10} 373)$$

$$= -15{\cdot}19$$

$$\text{پانی کی این ٹراپی کی تبدیلی} = m_2 (\log T - \log T_2)$$

$$= 100 (\log_e 344{\cdot}5 - \log_e 288)$$

$$= 100 \times 2{\cdot}3 (\log 344{\cdot}5 - \log_e 288)$$

$$= 17{\cdot}76$$

$$\text{این ٹراپی کی کل تبدیلی} = 17{\cdot}76 - 15{\cdot}19$$

$$= 2{\cdot}57 \text{ کلوری فی ڈگری}$$

Example 4. Calculate the change in entropy of 1 gm. of nitrogen when its temperature rises from 50°C to 100°C while its volume increases four fold, given that for nitrogen $C_v = 0{\cdot}18$ and molecular weight $= 28$.

اگر ایک گرام نائٹروجن کا ٹمپریچر 50°C سے 100°C ھو جائے اور اس کا حجم پہلے سے چارگنا ھو جائے تو اس کی این ٹراپی میں تبدیلی معلوم کرو ۔ نائٹروجن کے لیے C_v کی قیمت 0·18 ھے اور اس کا مالیکیولی وزن 28 ھے ۔

$$\text{پہلا ٹمپریچر} = T_1 = 50^\circ C = 323^\circ A$$

$$\text{دوسرا ٹمپریچر} = T_2 = 100^\circ C = 373^\circ A$$

$$\text{پہلا حجم} = v_1 = 1$$

$$\text{دوسرا حجم} = v_2 = 4$$

$$C_v = 0{\cdot}18$$

اين ٹراپی کی تبدیلی $= \varnothing_2 - \varnothing_1$

$$C_v - C_p = \frac{r}{J}$$

جب r کو حرارتی اکائی میں ظاہر کیا جائے

$$\because \quad r = \frac{R}{\text{مالیکیولی وزن}} = \frac{R}{28}$$

$$\because \quad R = 8{\cdot}31 \times 10^7$$

$$\therefore \quad \frac{r}{J} = \frac{8{\cdot}31 \times 10^7}{4{\cdot}18 \times 10^7 \times 28}$$

$$\because \quad \phi_2 - \phi_1 = C_v \log \frac{T_2}{T_1} + (C_p - C_v) \log \frac{V_2}{V_1}$$

$$\therefore \quad \varnothing_2 - \varnothing_1 = 0{\cdot}18 \log_e \frac{373}{323} + \frac{8{\cdot}31 \times 10^7}{4{\cdot}18 \times 10^7 \times 28} \times \log \tfrac{4}{1}$$

$$= 0{\cdot}18 \times 2{\cdot}3 \left[\log_{10} \frac{373}{323} + \frac{1{\cdot}986}{28} \log_{10} 4\right]$$

$= 0{\cdot}58$ کلوری فی ڈگری

Example 5. Determine the latent heat of steam under normal atmospheric pressure, if the entropy of water at normal boiling point be 0·31 and for steam at the same temperature is 1·74.

اگر نارمل نقطۂ جوش پر پانی کی این ٹراپی 0·31 اور بھاپ کی این ٹراپی 1.74 ہو تو نارمل کرہ ہوائی دباؤ پر بھاپ کی مخفی حرارت معلوم کرو ۔

نارمل نقطۂ جوش = $T = 100+273=373^{\circ}A$

بھاپ کی مخفی حرارت = L

نقطۂ جوش پر پانی کی این ٹراپی = $\phi_1=0{\cdot}31$

نقطۂ جوش پر بھاپ کی این ٹراپی = $\phi_2=1{\cdot}74$

$$\therefore \quad \phi_2-\phi_1 = \frac{L}{T}$$

$$\therefore \quad 1{\cdot}74-0{\cdot}31= \frac{L}{378}$$

$$\therefore \quad L= 373\,(1{\cdot}74-0{\cdot}31)$$

$$= 373\times 1{\cdot}43=533$$ (کلوری)

سوالات

Q. 1. What do you understand by the term entropy. Why is an adiabatic curve known as the curve of the same entropy.

این ٹراپی یا ناکارگی سے آپ کی کیا مراد ہے - ایک حرارت ناگزار کج خط کو یکساں این ٹراپی کا کج خط کیوں کہا جاتا ہے-

Q. 2. Explain the term Entropy. Discuss the change of entropy during a complete cycle of a Carnot engine.

این ٹراپی یا ناکارگی کی اصطلاح کی تشریح کیجیے اور کارنو انجن کے پورے دور میں این ٹراپی کی تبدیلی کو زیر بحث لائیے -

Q. 3. Prove that the change of entropy between adiabatics does not depend on the path traversed by the working substance from one adiabatic to the other.

ثابت کیجیے کہ دو حرارت ناگزار خطوں کے درمیان این ٹراپی (یا ناکارگی) کی تبدیلی کا انحصار اس راستے پر نہیں ھوتا جس پر سے وہ کارکن شے ایک خط سے دوسرے خط پر آتی ھے -

Q. 4. How will you show that the change of entropy at the end of a reversible cycle is zero.

آپ کس طرح ثابت کریں گے کہ کسی رجعت پذیر دور کے خاتمے پر این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی صفر ہوتی ہے -

Q. 5 Prove that the entropy of a system always increases after it has undergone an irreversible cycle.

ثابت کیجیے کہ جب ایک نظام کسی غیر رجعت پذیر دور میں سے گزرتا ہے تو اس کی این‌ٹراپی یعنی ناکارگی ہمیشہ پہلے سے بڑھ جاتی ہے -

Q. 6. What is meant by the law of increase of entropy.

A perfect gas is allowed to expand into a vacuum whence its volume increases from v_1 to v_2 Calculate its change of entropy.

این ٹراپی کی زیادتی کے قانون سے کیا مراد ہے - ایک کامل گیس کو خلا میں پھیلنے دیا جاتا ہے جس سے اس کا حجم v_1 سے بڑھ کر v_2 ہو جاتا ہے - اس کی این ٹراپی کی تبدیلی معلوم کرو -

Q. 7. What do you understand by the degradation of energy. Show that the increase of entropy always increases the quantity of the unavailable energy.

توانائی کی تنزلی سے کیا مراد ہے- ثابت کرو کہ این‌ٹراپی کی زیادتی ہمیشہ ناقابل استعمال توانائی کی مقدار بڑھا دیتی ہے -

Q. 8. Calculate the change of entropy of a perfect gas in terms of (*a*) temperature and volume (*b*) temperature and pressure (*C*) volume and pressure.

ایک کامل گیس کی این ٹراپی یعنی ناکارگی کی تبدیلی (ا) اس کے ٹمپریچر اور حجم میں ، (ب) اس کے ٹمپریچر اور دباؤ میں اور (ج) اس کے حجم اور دباؤ میں معلوم کیجیے -

Q. 9. Explain the idea of entropy. Derive an expression for the entropy of m grams of a perfect gas.

این ٹراپی یا ناکارگی کے تصور کی وضاحت کرو - نیز ایک کامل گیس کے m گرام کی این‌ٹراپی کو ظاہر کرنے کے لیے ایک کلیہ اخذ کرو-

Q. 10. Draw the temperature entropy graph for a Carnot cycle and with its help prove the relation

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

ایک کارنو انجن کے لیے ٹمپریچر این ٹراپی کا گراف کھینچو اور اس گراف کی مدد سے ثابت کرو کہ

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Q. 11. Represent Carnot cycle on a temperature entropy diagram and prove that its area represents the available energy.

کارنو کے دور کو ٹمپریچر این ٹراپی شکل پر ظاہر کرو اور ثابت کرو کہ اس کا رقبہ قابل حصول توانائی کو ظاہر کرتا ہے۔

Q. 12. Water at 0°C is converted into steam at 100°C. Draw and explain its temperature entropy diagram.

0°C پر پانی کو 100°C پر بھاپ میں تبدیل کیا جاتا ہے۔ اس کی ٹمپریچر این ٹراپی شکل کھینچیے اور اس کی توضیح کیجیے۔

Q. 13. Write an essay on Entropy and bring out its importance in thermo-dynamics.

این ٹراپی یعنی ناکارگی پر ایک مضمون لکھئے اور حرارتی حرکیات میں اس کی اہمیت کو واضح کیجیے۔

Q. 14. Establish the general equation

$$\frac{dT}{dy} \cdot \frac{d\phi}{dx} - \frac{dp}{dy} \cdot \frac{dv}{dx} = \frac{dT}{dx} \cdot \frac{d\phi}{dy} - \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dv}{dy}$$

as derived by Maxwell.

ذیل کی عمودی مساوات کو ثابت کیجیے جس طرح میکسویل نے اسے اخذ کیا تھا۔

$$\frac{dT}{dy} \cdot \frac{d\phi}{dx} - \frac{dp}{dy} \cdot \frac{dv}{dx} = \frac{dT}{dx} \cdot \frac{d\phi}{dy} - \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dv}{dy}$$

Q. 15. Derive Clausius Clapeyron equation for Latent heat from Maxwell's third equation.

میکسول کی تیسری مساوات سے کلاسیئس کلاپے رون کی مخفی حرارت کی مساوات اخذ کیجیے۔

Q. 16. Derive Maxwell's equation

$$\left(\frac{dQ}{dp}\right)_T = -T\left(\frac{dv}{dT}\right)_p$$

and show with its help that heat is generated, when a substance which expands on heating is compressee , whereas cooling is producted when a substance which contracts on heating is compressed.

میکسول کی ذیل کی مساوات کو اخذ کیجیے -

$$\left(\frac{dQ}{dp}\right)_T = -T\left(\frac{dv}{dT}\right)_p$$

اس کی مدد سے ثابت کیجیے کہ جب کسی شے پر جو گرم کرنے سے پھیلتی ہو، دباؤ ڈالا جائے تو حرارت پیدا ہوتی ہے - لیکن جب کسی شے پر جو گرم کرنے سے سکڑتی ہو، دباؤ ڈالا جائے تو ٹھنڈک پیدا ہوتی ہے -

تیرھواں باب

ایصال حرارت

(CONDUCTION OF HEAT)

ایک مقام سے دوسرے مقام تک حرارت کا انتقال (Transmission of heat-)تین عملوں کے ذریعے ہوتا ہے جو **ایصال حرارت**(-Conduct tion of heat) **ترسیل حرارت** (Convection of heat) اور **اشعاع حرارت** (Radiation of heat) کہلاتے ہیں - ایصال حرارت کو بعض اوقات **سرائت حرارت** اور ترسیل حرارت کو **حمل حرارت** بھی کہتے ہیں - مگر سرائت حرارت کے مقابلے میں ایصال حرارت اور حمل حرارت کے مقابلے میں ترسیل حرارت بہتر اصطلاحیں ہیں اور اس وجہ سے اس کتاب میں انہیں اصطلاحوں کا استعمال کیا گیا ہے -

ایصال حرارت ، ترسیل حرارت اور اشعاع حرارت کی تعریفیں پہلے میکسویل نے کی تھیں - چنانچہ میکسویل کے قول کے مطابق ایصال حرارت وہ عمل ہے جس میں غیر مساوی طور پر گرم کیے ہوئے جسم میں حرارت آونچے ٹمپریچر کے مقامات سے نیچے ٹمپریچر کے مقامات کی طرف جاتی ہے - یہ حرارت گرم حصے سے ٹھنڈے حصے کی طرف مالیکیول بہ مالیکیول چلتی ہے - مگر اس دوران میں جسم کے ذروں میں کوئی حرکت آنکھوں کو نظر نہیں آتی -

ایصال حرارت ٹھوس ، مائع اور گیس تینوں میں پائی جاتی ہے - البتہ ٹھوس اجسام میں وہ نسبتاً زیادہ ہوتی ہے - مائعات میں (ایک پارے کو چھوڑ کر) ایصال حرارت بہت کم ہوتی ہے اور گیسوں میں یہ مائعات سے بھی کم ہو جاتی ہے -

جن اجسام میں ایصال حرارت زیادہ ہوتی ہے وہ حرارت کے **عمدہ موصل** (Good conductor) کہلاتے ہیں اور جن اجسام میں یصال حرارت بہت کم ہوتی ہے وہ حرارت کے **ناقص موصل** (Bad conductor) کہلاتے ہیں - اس لحاظ سے مائعات (پارے کے سوا) اور لیسیں حرارت کی ناقص موصل ہوتی ہیں -

میکسویل کی تعریف کے مطابق ترسیل حرارت (Convection of heat) وہ عمل ہے جس میں کسی جسم کے ذرے خود حرارت کو ایک جگہ سے دوسری جگہ لے جاتے ہیں اور ان کی یہ حرکت آنکھوں سے دیکھی جا سکتی ہے - اس کی مثال یہ ہے کہ جب پانی کو کسی برتن میں ڈال کر اسے نیچے سے حرارت پہنچائی جاتی ہے تو پانی کے ذرے گرم ہو کر اوپر چڑھتے ہیں اور ان کی جگہ لینے کو اوپر سے ٹھنڈے ذرے نیچے آتے ہیں اور حرارت لے کر پھر اوپر کو چلے جاتے ہیں - گرم اور سرد ذروں کی یہ حرکت مناسب حالات میں آنکھوں کو نظر آ سکتی ہے -

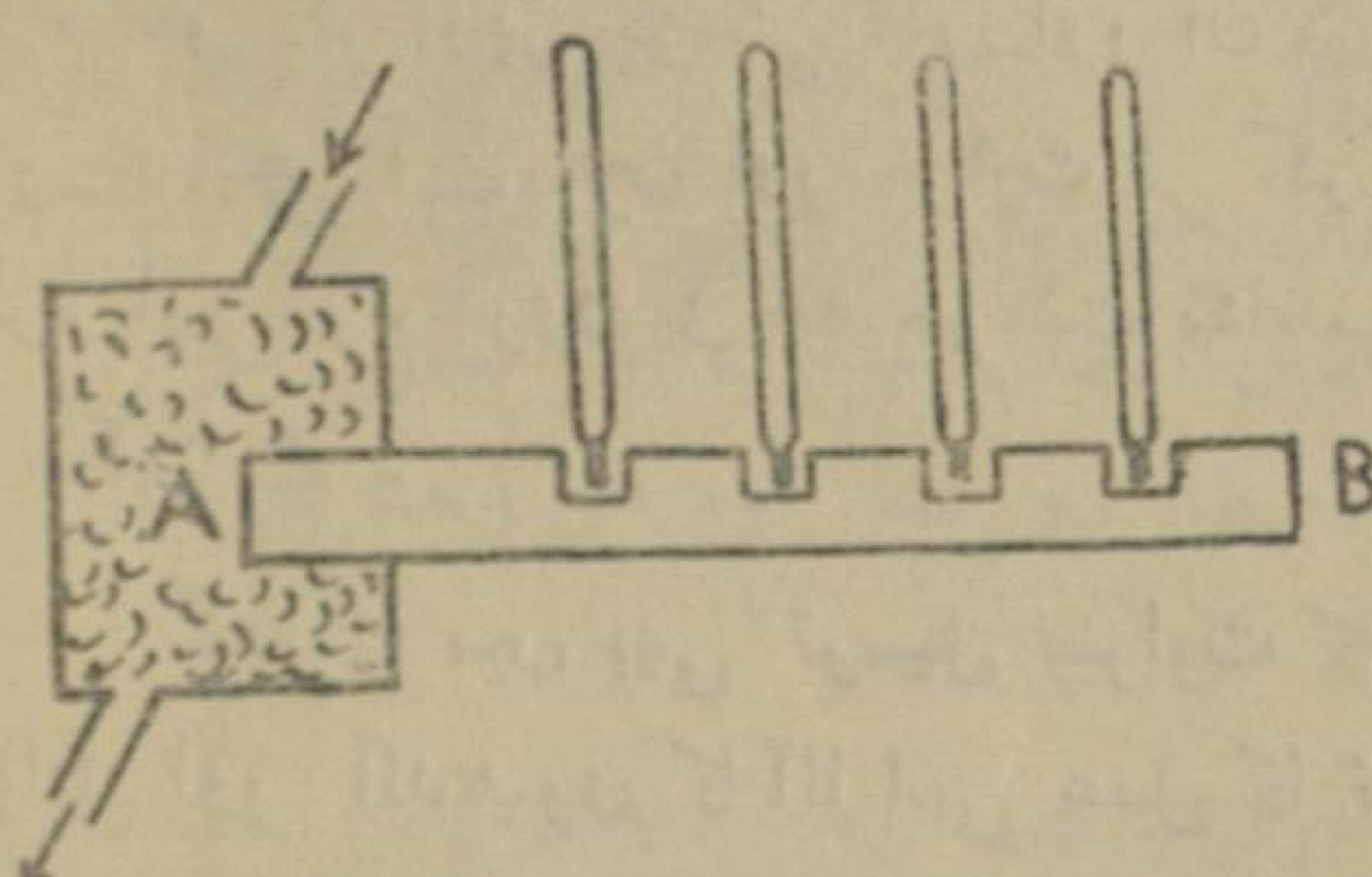
گیسوں میں بھی ترسیل حرارت کا عمل عام ہے - چنانچہ ہوا کا چلنا اور آندھیوں کا آنا اسی عمل کا نتیجہ ہے - البتہ ٹھوس اجسام کے ذرے چونکہ ایک ساتھ مضبوطی کے ساتھ بندھے ہوتے ہیں ، اس لیے ان میں ترسیل حرارت (Convection of heat) واقع نہیں ہوسکتی - میکسویل کی تعریف کے مطابق اشعاع حرارت (Radiation of heat) وہ عمل ہے جس میں حرارت ایک گرم جسم سے ایک ٹھنڈے جسم کی طرف درمیانی واسطے میں سے شعاعوں کی صورت میں اس طور سے آتی ہے کہ وہ اس درمیانی واسطے (Medium) کو گرم نہیں کرتی -

اس باب میں ایصال حرارت کا مفصل تذکرہ ہے - انتقال حرارت کے دوسرے طریقوں یعنی ترسیل حرارت اور اشعاع حرارت کے لیے ایک ایک علیحدہ باب وقف ہے -

برقرار حالت - ایصال حرارت میں جسم کی برقرار حالت (Steady state) کو بہت اہمیت حاصل ہے ، اس لیے اس کی تشریح ذیل میں کی

جاتی ھے - یہ تحقیقات سب سے اول فرانس کے سائنس دان ، فوریئر (Fourier) نے 1822ء میں کی تھی -

فرض کرو کہ دھات کی ایک یکساں سلاخ AB کا ایک سرا A ایک گرم باتھ میں (مثلاً بھاپ کے خانے میں) رکھا ھے اور باقی سلاخ اس سے باھر ھے - اس باھر کے حصے میں تھوڑے تھوڑے فاصلے پر چھوٹے چھوٹے سوراخ بنا کر ان میں تھرمامیٹر نصب کر دیے گئے ھیں اور ان سوراخوں میں قدرے پارہ ڈال دیا گیا ھے تاکہ سلاخ کے ساتھ تھرمامیٹر کے بلب کا حرارتی رابطہ پورے طور پر قائم ھو جائے - سلاخ کے سرے A سے حرارت کا ایصال (Conduction) سرے B کی طرف ھونے لگتا ھے جس سے تھرمامیٹروں میں ٹمپریچر اوپر بڑھتا ھوا دکھائی دیتا ھے - ٹمپریچر کی یہ زیادتی بائیں طرف کے تھرمامیٹر میں جو گرم باتھ کے قریب ترین ھے ، زیادہ ھوتی ھے اور دیگر تھرمامیٹروں میں بتدریج گھٹتی جاتی ھے - وقت کے گزرنے پر



تھرمامیٹروں کا ٹمپریچر آھستہ آھستہ اونچا ھوتا جاتا ھے ، اس لیے ٹمپریچر کے لحاظ سے یہ سلاخ کی متبادل حالت (Variable state) ھے - اس متبادل حالت میں ٹمپریچر کی زیادتی ، ایصال شدہ حرارت کی مقدار اور سلاخ کی حرارت مخصوصہ اور کثافت پر منحصر ھوتی ھے - ھوتا یوں ھے کہ سلاخ کے کسی ایک جزو یا ایک سیکشن (Section) میں جتنی حرارت داخل ھوتی ھے اس کا ایک حصہ اس جزو یا سیکشن میں جذب ھو جاتا اور اس کے باعث اس کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ھے - اس حرارت کا ایک حصہ ساتھ لگتے جزو یا سیکشن میں آگے کو منتقل ھو جاتا ھے اور باقی حصہ اس کی سطح پر سے اشعاع (Radiation) کے ذریعے منتشر ھوجاتا ھے -

جوں جوں اس جزو یا سیکشن کا ٹمپریچر بڑھتا ھے اشعاع کے ذریعے خارج شدہ حرارت کی مقدار بھی بڑھتی جاتی ھے اور بالآخر یہ کیفیت

هو جاتی ہے کہ ایک خاص ٹمپریچر پر پہنچ کر جتنی زائد حرارت اس جزو کو پہنچتی ہے ، وہ تمام اشعاع کے ذریعے اس میں سے خارج ہو جاتی ہے - یہی کیفیت دیگر جزووں یا سیکشنوں کو پیش آتی ہے کہ اپنے اپنے خاص ٹمپریچروں پر پہنچنے کے بعد جتنی زائد حرارت ان کو پہنچتی ہے ، وہ سب کی سب اشعاع کے ذریعے اردگرد کو منتشر ہو جاتی ہے - اس وجہ سے ہر سیکشن کا ٹمپریچر اپنی اپنی قیمت پر برقرار ہو جاتا ہے اور مزید بڑھنے نہیں پاتا - جب سلاخ میں یہ حالت پیدا ہو جاتی ہے تو اسے **برقرار حالت** (Steady state) کا نام دیا جاتا ہے - اس حالت میں مختلف تھرمامیٹر جو سلاخ کے ساتھ ساتھ نصب ہوتے ہیں ، اپنا اپنا ٹمپریچر ظاہر کرتے ہیں جو مستقل رہتا ہے - ہر سیکشن کے اس مستقل ٹمپریچر کی قیمت گرم سرے A سے اس سیکشن کے فاصلے پر منحصر ہوتی ہے - چنانچہ یہ فاصلہ جتنا کم ہو مستقل ٹمپریچر اتنا ہی زیادہ ہوتا ہے اور یہ فاصلہ جتنا زیادہ ہو مستقل ٹمپریچر اتنا ہی کم ہوتا ہے - البتہ برقرار حالت میں پہنچ جانے کے بعد ہر سیکشن کے اس مستقل ٹمپریچر کا کچھ انحصار سلاخ کی حرارت مخصوصہ یا اس کی کثافت پر نہیں ہوتا -

فرض کیجیے کہ سلاخ کے کسی زیر غور سیکشن یا جزو کے اس رخ کا ٹمپریچر θ_1 ہے جو سلاخ کے گرم سرے کی طرف ہے اور دوسرے رخ کا ٹمپریچر θ_2 ہے - نیز اس سیکشن یا جزو کی لمبائی l ہے اور اس کی سیدھی کاٹ (Cross section) کا رقبہ A ہے - تب اگر اس جزو میں سے t وقت میں حرارت Q بہہ رہی ہو تو یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ یہ حرارت Q تین امور کے راست متناسب ہوتی ہے اور وہ تین امور یہ ہیں :

(*i*) دونوں رخوں کے ٹمپریچروں کا فرق یعنی $(\theta_1 - \theta_2)$ (*ii*) سیکشن کی سیدھی کاٹ کا رقبہ A (*iii*) وقت t -

علاوہ ازیں یہ حرارت Q اس جزو کی لمبائی یا موٹائی l کے بالعکس متناسب ہوتی ہے - پس ریاضی کی رو سے

$$Q \propto \frac{A(\theta_1 - \theta_2)t}{l}$$

$$\therefore \quad Q = K\frac{A(\theta_1 - \theta_2)t}{l}$$

جب کہ K ایک مستقل ہے جو سلاخ کے مادے کی نوعیت پر مبنی ہوتا ہے۔ اس کو حرارتی ایصالیت کا معیار (Co-efficient of thermal conductivity) یا صرف حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کہتے ہیں۔

اُوپر کی مساوات سے حرارتی ایصالیت کی تعریف اخذ کرنا - اگر اوپر کی مساوات

$$Q = K\frac{A(\theta_1 - \theta_2)t}{l}$$

میں رقبہ A ایک مربع سنٹی میٹر ہو ، $(\theta_1 - \theta_2)$ ایک سنٹی گریڈ ہو ، وقت t ایک سیکنڈ ہو اور موٹائی l ایک سنٹی میٹر ہو تو

$$\theta = K$$

اس سے حرارتی ایصالیت K کی مندرجہ ذیل تعریف حاصل ہوتی ہے۔

حرارتی ایصالیت کی تعریف - کسی شے کے ایک جزو میں سے، جس کا سیدھی کاٹ کا رقبہ ایک مربع سنٹی میٹر ہو ، جس کے دونوں رخوں کے ٹمپریچر کا فرق ایک سنٹی گریڈ ہو اور جس کی موٹائی ایک سنٹی میٹر ہو ، حرارت کی جتنی مقدار ایک سیکنڈ میں بہتی ہے وہ اس شے کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کہلاتی ہے۔

نوٹ : احصاء یعنی کیلکولس (Calculus) کی زبان میں اگر مذکورہ شے کے ایک جزو کی سیدھی کاٹ کا رقبہ A ہو ، اس جزو کی موٹائی dx ہو اور اس کے دونوں رخوں میں ٹمپریچر کا فرق $d\theta$ ہو تو

$$Q = -KA\frac{d\theta}{dx}t$$

اس مساوات میں منفی کی علامت اس لیے دی گئی ہے کیونکہ جوں جوں x کی قیمت بڑھتی ہے ، θ کی قیمت گھٹتی ہے۔

اس مساوات میں $\frac{d\theta}{dx}$ اس شرح کو ظاہر کرتی ہے جس سے ٹمپریچر فاصلے کے ساتھ گھٹتا ہے - اس کو ٹمپریچر کی ڈھال (Temperature gradient) کہتے ہیں -

اگر اس مساوات میں بھی A کو 1 مربع سنٹی میٹر ، t کو 1 سیکنڈ اور $\frac{d\theta}{dt}$ کو 1 لیا جائے تو Q عددی طور پر K کے برابر ہو جاتا ہے اس سے ہمیں حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کی مندرجہ ذیل تعریف حاصل ہوتی ہے -

حرارتی ایصالیت (ایک اور تعریف) - کسی شے کے ایک جزو میں سے جس کا سیدھی کاٹ کا رقبہ 1 مربع سنٹی میٹر ہو اور جس پر ٹمپریچر کا ڈھال (Temperature gradient) برقرار حالت (Steady state) میں اکائی ہو ، حرارت جس شرح سے بہتی ہے ، اسے اس شے کی حرارتی ایصالیت کا معیار (Co-efficient of thermal conductivity) یا صرف حرارتی ایصالیت کہتے ہیں - اسے حرف K سے تعبیر کیا جاتا ہے -

حرارتی ایصالیت کی اکائی - مساوات

$$Q=K\frac{A(\theta_1-\theta_2)}{l}t$$

کی رو سے

$$K=\frac{Ql}{A(\theta_1-\theta_2)t}$$

Q کی اکائی کلوری، l کی اکائی سنٹی میٹر، A کی اکائی مربع سنٹی میٹر، ٹمپریچر کی اکائی ایک ڈگری سنٹی گریڈ اور وقت کی ایک سیکنڈ ہے اس لیے اکائی کے لحاظ سے

$$K=\frac{\text{سنٹی میٹر} \times \text{کلوری}}{\text{سیکنڈ} \times \text{ڈگری سنٹی گریڈ} \times \text{مربع سنٹی میٹر}}$$

$$=\frac{\text{کلوری}}{\text{ڈگری سنٹی گریڈ} \times \text{سنٹی میٹر} \times \text{سیکنڈ}}$$

پس K کی اکائی کلوری فی سیکنڈ فی سنٹی میٹر فی ڈگری سنٹی گریڈ (Calorie per second per c.m. per °C) ہے۔

حرارتی ایصالیت کے ابعاد (Dimensions) ۔ جیسا کہ اوپر بیان کیا گیا ہے

$$K=\frac{Ql}{A(\theta_1-\theta_2)t}$$

حرارت Q توانائی کی ایک قسم ہے، اس لیے اس کے ابعاد (Dimensions) توانائی یا کام کے یعنی $[ML^2T^{-2}]$ ہیں۔ l کے ابعاد L^1 اور A کے بعاد L^2 ہیں۔ t کے ابعاد T ہیں۔

$$\therefore \quad [K]=\left[\frac{M^1L^2T^{-2}\times L^1}{L^2T^1\times\theta}\right]$$

$$[K]=M^1L^1T^{-3}\theta^{-1}$$ یا

پس حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کے ابعاد (Dimen-tion) $M^1L^1T^{-3}\theta^{-1}$ ہیں۔

برقرار حالت سے پہلے یعنی متبادل حالت میں حرارت کا بہاؤ۔

کسی شے کے ایک جزو میں سے برقرار حالت (Steady state) کے دوران میں حرارت کے بہاؤ کا تذکرہ اوپر بیان کیا جا چکا ہے۔ اب ہم حرارت کے اس بہاؤ کا ذکر کرتے ہیں جو برقرار حالت سے پہلے یعنی متبادل حالت (Variable state) میں ہوتا ہے۔ جب اس شے کے مختلف اجزا کا ٹمپریچر وقت کے ساتھ بڑھ رہا ہوتا ہے، اس حالت میں اس شے کے اجزا حرارت کا ایک زائد حصہ جذب کر رہے ہوتے ہیں اور یہ جذب اس شے کی حرارت مخصوصہ (S) اور اس کی کثافت یعنی کمیت فی اکائی حجم (ρ) پرمنحصر ہوتا ہے۔ اس طرح اس خاص حالت میں حرارت کے بہاؤ کی شرح جو حرارتی ایصالیت K کے راست متناسب ہوتی ہے حرارت مخصوصہ اور کثافت کے حاصل ضرب $S\rho$ کے بالعکس متناسب ہوتی ہے۔ پس

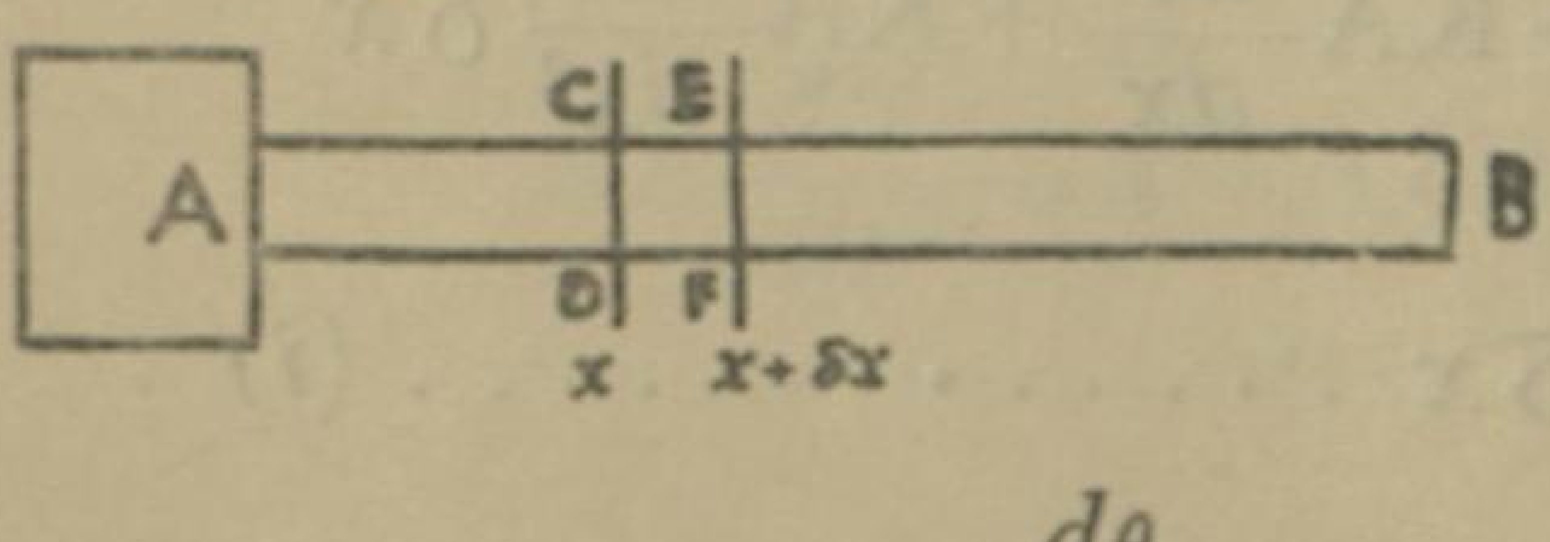
$$\propto \frac{K}{S\rho}$$ حرارت کے بہاؤ کی شرح

اس تعلق میں $S\rho$ حرارت مخصوصہ اور کمیت فی اکائی حجم کا حاصل ضرب ہے اور چونکہ حرارت مخصوصہ اور کمیت کا حاصل ضرب حرارتی گنجائش (Thermal capacity) ہے ، اس لیے $S\rho$ حرارتی گنجائش فی اکائی حجم ہے ۔

$\frac{K}{S\rho}$ حرارتی ایصالیت اور حرارتی گنجائش فی اکائی حجم کی نسبت ہے ، اس کا نام کیلون (Kelvin) نے **حرارتی نفوذیت** (Thermal diffusivity) اور میکسویل نے **تھرمو میٹری ایصالیت** (Thermo-metric conductivity) رکھا ہے ۔

مذکورہ بالا تشریح سے ظاہر ہے کہ برقرار حالت (Steady state) سے پہلے جب کوئی شے متبادل حالت (Variable state) میں ہو تو حرارت کا بہاؤ حرارتی نفوذیت (Thermal diffusivity) یا تھرمومیٹری ایصالیت (Thermometric conductivity) کے راست متناسب ہوتا ہے اور جب وہ شے برقرار حالت میں ہو تو حرارت کا یہ بہاؤ محض حرراتی ایصالیت کے راست متناسب ہوتا ہے ۔

ایک سلاخ کے ساتھ حرارت کا بہاؤ ۔ اب ہم ریاضی کی رو سے ایک سلاخ کے ساتھ حرارت کے بہاؤ (Rectilinear flow) کا جائزہ لیتے ہیں ۔ یہ ایک عمومی جائزہ ہے جس میں برقرار حالت (Steady state) یا متبادل حالت (Variable state) کی کوئی قید نہیں ہے ۔ فرض کرو کہ AB ایک لمبی سلاخ ہے جس کا سرا A ایک گرم باتھ میں ہے ۔ اس سلاخ پر دو متوازی سطحوں کو زیر غور لاؤ جو سلاخ کے ساتھ عموداً واقع ہوں اور جن میں سے پہلی سطح CD ، سرے A سے x فاصلے پر اور دوسری سطح EF ، اس سرے سے $x+\delta x$ فاصلے پر ہو ۔



اگر باہر کے ٹمپریچر سے سطح CD کے ٹمپریچر کی زیادتی θ ہو اور اس مقام پر ٹمپریچر کا ڈھال (Temperature gradient) $\frac{d\theta}{dx}$ ہو تو دوسری سطح

EF پر جو سرے A سے $x+dx$ فاصلے پر ہے ٹمپریچر δS $\theta+\frac{d\theta}{dx}$
ہوگا اور ٹمپریچر کا ڈھال (Temperature gradient)

$$\frac{d}{dx}\left(\theta+\frac{d\theta}{dx}\delta x\right)$$

ہوگا - اگر x فاصلے پر واقع سطح CD میں داخل ہونے والی حرارت Q_1 ہو تو

$$Q_1=-KA\frac{d\theta}{dx}$$

جب کہ سلاخ کی سیدھی کاٹ (Cross section) کا رقبہ A اور اس کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) K ہو -

علاوہ ازیں اگر $x+\delta x$ فاصلے پر واقع سطح EF میں سے خارج ہونے والی حرارت Q_2 ہو تو

$$Q_2=-KA\frac{d}{dx}\left[\theta+\frac{d\theta}{dx}\delta x\right]$$

$$=-KA\left[\frac{d\theta}{dx}+\frac{d^2\theta}{dx^2}\delta x\right]$$

اب دونوں سطحوں کا درمیانی جزو جس کی موٹائی δx ہے، جتنی حرارت فی سیکنڈ جذب کرتا ہے وہ Q_1-Q_2 ہے اس لیے

$$Q_1-Q_2=-KA\frac{d\theta}{dx}-\left\{-KA\left[\frac{d\theta}{dx}+\frac{d^2\theta}{dx^2}\delta x\right]\right\}$$

$$=-KA\frac{d\theta}{dx}+KA\frac{d\theta}{dx}+KA\frac{d^2\theta}{dx^2}\delta x$$

$$\therefore\quad Q_1-Q_2=KA\frac{d^2\theta}{dx^2}\delta x\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ (i)$$

برقرار حالت پہنچنے سے پہلے - برقرار حالت (Steady state) پہنچنے سے پہلے حرارت جو کسی جزو کو پہنچتی ہے، اس کا کچھ حصہ

اس جزو کا ٹمپریچر بڑھانے کے کام آتا ہے ۔ اگر اس جزو کے ٹمپریچر کے بڑھنے کی شرح $\frac{d\theta}{dt}$ ہو ، اور اس شے کی حرارت مخصوصہ S اور کثافت ρ ہو تو اس شرح کے مطابق جو حرارت اس جزو کا ٹمپریچر بڑھانے کے لیے درکار ہوتی ہے

$$=A\delta x\rho S\frac{d\theta}{dt}$$

یہاں $A\delta x$ اس جزو کا حجم ہے اور اس لیے $A\delta x\rho$ اس جزو کی کمیت (Mass) ہے جسے حرارت مخصوصہ اور ٹمپریچر کی زیادتی کی شرح کے ساتھ ضرب دے کر حرارت مطلوبہ نکل آتی ہے ۔

اگر اس جزو کا گھیر (Perimeter) p ہو تو اس جزو کی سطح کا رقبہ $p\cdot\delta x$ ہوتا ہے ۔ اگر اس سطح کی اشعاعی طاقت (Radiating power) جسے اخراجیت (Emissivity) بھی کہتے ہیں ، E ہو اور θ اس جزو کا اوسط زائد ٹمپریچر ہو (جو اس جزو کے اوسط ٹمپریچر اور اردگرد کے ٹمپریچر کے فرق کے برابر ہے) تو نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون (Newton's law of cooling) کے مطابق یہ جزو جتنی حرارت فی سیکنڈ اشعاع (Radiate) کرتا ہے وہ

$$=Ep\cdot\delta x\cdot\theta$$

چونکہ کل جذب شدہ حرارت (Q_1-Q_2) جسے $KA\frac{d^2\theta}{dx^2}\delta x$ کے برابر ثابت کیا گیا ہے ، انھیں دو حصوں یعنی ٹمپریچر بڑھانے والی حرارت اور اشعاع شدہ حرارت کے برابر ہے ۔ اس لیے

$$KA\frac{d^2\theta}{dx^2}\delta x=A.\delta x.\rho.S\frac{d\theta}{dt}+E.p.\delta x.\theta$$

سب کو KA پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{d^2\theta}{dx^2}=\frac{\rho S}{K}\cdot\frac{d\theta}{dt}+\frac{Ep}{KA}\theta\ \ldots\ldots (ii)$$

جب حرارت ایک ہی سمت میں بہتی ہے تو اس کے متعلق یہ معیاری مساوات ہے اور ایک سلاخ کے ساتھ ایصال حرارت (Conduction of heat) کے متعلق متعدد مسائل اس کی مدد سے حل ہو جاتے ہیں ۔

جب اشعاع سے خارج شدہ حرارت قابل نظر انداز ہو ۔ اگر اشعاع (Radiation) کے ذریعے خارج ہونے والی حرارت اتنی کم ہو کہ اسے نظر انداز کیا جا سکتا ہو تو اوپر کی معیاری مساوات میں E کے صفر ہو جانے سے

$$\frac{d^2\theta}{dx^2}=\frac{\rho S}{K}\cdot\frac{d\theta}{dt}$$

$$\therefore\quad \frac{d\theta}{dt}=\frac{K}{\rho S}\cdot\frac{d^2\theta}{dx^2}$$

$\frac{K}{\rho S}$ حرارتی نفوذیت (Thermal diffusivity) ہے جسے اگر h سے ظاہر کیا جائے تو

$$\frac{d\theta}{dt}=h\frac{d^2\theta}{dx^2}$$

برقرار حالت پہنچنے کے بعد ۔ برقرار حالت (Steady state) پہنچنے کے بعد مذکورہ جزو میں وقت کے ساتھ ٹمپریچر بڑھنے نہیں پاتا اس لیے $\frac{d\theta}{dt}$ صفر ہو جاتا ہے ۔ اب چونکہ ایصال حرارت کی معیاری مساوات

$$\frac{d^2\theta}{dx^2}=\frac{\rho S}{K}\cdot\frac{dc}{dt}+\frac{Ep}{KA}\theta$$

ہے ۔ اس لیے جب اس مساوات میں $\frac{d\theta}{dt}$ کو صفر قرار دیا جائے تو

$$\frac{d^2\theta}{dx^2}=\frac{Ep}{KA}\cdot\theta$$

یہ برقرار حالت کی مساوات ہے ۔ اگر اس مساوات میں $\frac{Ep}{KA}$ کو μ^2

کے برابر لیا جائے تو

$$\frac{d^2\theta}{dx^2}=\mu^2\theta$$

یہ دوسرے درجے کی تفرق مساوات (Differential equation) ہے ، جس کا عمومی حل یہ ہے

$$\theta=Ae^{\mu x}+Be^{-\mu x}$$

جب کہ A اور B دو مستقل ہیں جن کی قیمتیں سلاخ کے دونوں سروں کے حالات کے ماتحت متعین کی جا سکتی ہیں ۔

اگر ارد گرد کے ٹمپریچر سے سلاخ کے گرم سرے A کی زیادتی θ_0 ہو تو چونکہ A سرے پر x صفر ہے ، اس لیے جب

$$x=0$$

$$\theta=\theta_0$$

اگر سلاخ بے انتہا لمبی ہو جس کے باعث اس کی لمبائی کو ∞ لیا جا سکے تو اس کے دوسرے سرے B کا ٹمپریچر وہی ہوگا جو ارد گرد کا ہے ۔ اس وجہ سے وہاں ارد گرد کے ٹمپریچر سے سلاخ کے ٹمپریچر کی زیادتی θ صفر ہو گی ۔ پس جب

$$x=\infty$$

$$\theta=0$$

ان قیمتوں کو برقرار حالت کی مذکورہ مساوات

$$\theta=Ae^{\mu x}+Be^{-\mu x}$$

میں شامل کرنے سے

چونکہ جب x کی قیمت صفر ہو تو θ کی قیمت θ_0 ہوتی ہے

$$\therefore \quad \theta_0=A+B$$

چونکہ جب x لامتناہی ∞ ہو تو θ کی قیمت صفر ہوتی ہے۔

$$\therefore \quad 0 = Ae^{\infty} + B \times \frac{1}{e^{\infty}}$$

$\frac{1}{e^{\infty}}$ کی قیمت صفر ہے ، اس لیے جب θ کی قیمت 0 ہو تو

$$0 = Ae^{\infty}$$

اس سے A کی قیمت صفر نکل آتی ہے -

$$\therefore \quad \theta_0 = A + B$$

اس میں A کی صفر رکھنے سے

$$\theta_0 = B$$

برقرار حالت کی قیمت مذکورہ مساوات

$$\theta = Ae^{\mu x} + Be^{-\mu x}$$

میں A کی قیمت 0 اور B کی قیمت θ_0 رکھنے سے

$$\theta = \theta_0 e^{-\mu x}$$

جب سلاخ بہت لمبی ہو جس کے باعث اس کے پرلے سرے کا ٹمپریچر اردگرد کے ٹمپریچر کے برابر ہو جائے تو ایسی حالت میں جب اس کی حالت برقرار (Steady) ہو اور اس پر سے کچھ حرارت اشعاع (Radiation) سے خارج ہو رہی ہو تو

$$\theta = \theta_0 e^{-\mu x}$$

یہ برقرار حالت کی عموی مساوات ہے جس کی مدد سے سلاخ پر کے کسی نقطے پر ، جو گرم سرے سے x فاصلے پر ہو ، θ کی قیمت معلوم کی جا سکتی ہے ، جو اردگرد کے ٹمپریچر سے اس نقطے پر کے ٹمپریچر کی زیادتی کو ظاہر کرتی ہے ۔

برقرار حالت میں جب سلاخ ڈھکی ہوئی ہو - جب سلاخ برقرار حالت

(Steady state) میں ھو اور آسے اس طور سے ڈھانپ دیا جائے جس سے اس پر سے حرارت کا اشعاع (Radiation) نہ ھونے کے برابر ھو جائے تو E کے صفر ھونے کے باعث μ صفر ھو جاتا ھے ، اس لیے برقرار حالت کی مساوات

$$\frac{d^2\theta}{dx^2}=\mu^2\theta$$

میں μ کی قیمت صفر شامل کرنے سے

$$\frac{d^2\theta}{dx^2}=0$$

اس پر دوبارہ تکمیلی عملی (Integration) کرنے سے

$$\theta=A'x+B'$$

جب کہ A' اور B' دو مستقل ھیں جن کی قیمت سلاخ کے دونوں سروں کے حالات کے ماتحت متعین کی جا سکتی ھے ، چونکہ جب

$$x=0$$

$$\theta=\theta_0$$

$$\therefore \quad \theta_0=0+B'$$

یا $\quad B'=\theta_0$

جب x کو سلاخ کی لمبائی l کے برابر لیا جائے اور سلاخ کے پرلے سرے پر θ کی قیمت θ_1 ھو تو

$$\theta_1=A'l+B'=A'l+\theta_0$$

$$\therefore \quad A'=\frac{\theta_1-\theta_0}{l}=-\frac{\theta_0-\theta_1}{l}$$

A' اور B' کی قیمتوں کو مساوات

$$\theta=A'x+B'$$

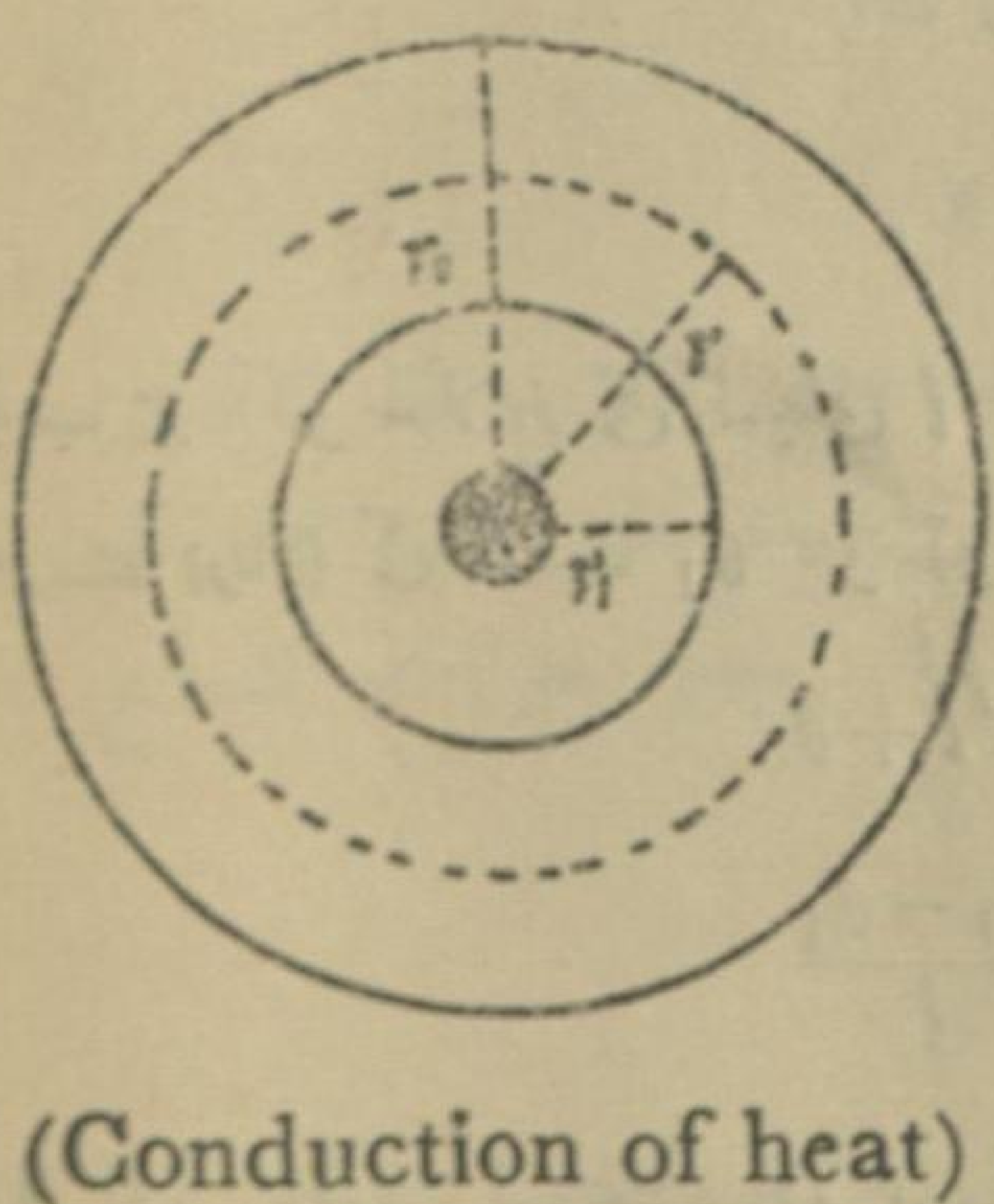
میں شامل کرنے سے

$$\theta = -\frac{\theta_0 - \theta_1}{l} x + \theta_0$$

$$\therefore \qquad \theta = \theta_0 - \frac{\theta_0 - \theta_1}{l} x$$

پس جب برقرار حالت (Steady state) میں سلاخ کو اوپر سے ڈھانپ دیا جائے جس سے اس پر سے اشعاع حرارت کا عمل بند ہو جائے تو سلاخ کے گرم سرے سے کسی فاصلے x پر θ کی قیمت مندرجہ بالا مساوات سے معلوم کی جا سکتی ہے ۔ جب سلاخ کی لمبائی l ہو ، سلاخ کے گرم سرے پر θ کی قیمت θ_0 اور ٹھنڈے سرے پر θ_1 ہو ۔

ایک کروی خول میں حرارت کا بہاؤ۔ فرض کرو کہ ہمارے پاس دھات کا بنا ہوا ایک کھوکھلا کرہ (Hollow sphere) یا کروی خول (Spherical shell) ہے جس کا اندرونی نصف قطر r_1 اور بیرونی نصف قطر r_2 ہے۔ اس لحاظ سے اس خول کی موٹائی $(r_2 - r_1)$ ہے۔ اس خول کے مرکز میں حرارت کا کوئی ماخذ رکھا ہوا ہے جس سے حرارت اس خول کی $(r_2 - r_1)$ موٹی گول دیوار میں سے اس کے نصف قطروں کی سمت میں بہ رہی ہے ۔ جیسا کہ اس کی شکل سے ظاہر ہے اس خول کے اندر کی تمام ہم تپش (Isothermal) سطحیں کروی ہیں جن سب کا مرکز وہی ہے جو اس خول کا ہے ۔ اس خول کے اندر ایک ایسی ہم مرکز سطح کو زیرغور لاؤ جس کا نصف قطر x ہو تب اگر اس سطح میں سے حرارت Q فی سکینڈ گزر رہی ہو تو حرارت کے ایصال (Conduction of heat) کے عام کلیے کے مطابق



$$Q = -K A \frac{d\theta}{dx}$$

جب کہ K اس خول کی دھات کی حرارتی ایصالیت (Thermal Conductivity) اور A اس کا رقبہ ہو ۔ چونکہ اس سطح کا نصف قطر x ہے ، اس لیے اس کا رقبہ $4\pi x^2$ ہے جو A کی قیمت ہے ، اس لیے

$$Q=-K\times 4\pi x^2\frac{d\theta}{dx}$$

$$\therefore \qquad d\theta=-\frac{Q}{4\pi K}\cdot\frac{dx}{x^2}$$

اس پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے

$$\int d\theta=-\frac{Q}{4\pi K}\int\frac{dx}{x^2}$$

(چونکہ Q کی قیمت x کے ساتھ نہیں بدلتی ، اس لیے x کے مقابلے میں Q کو مستقل مانا گیا ہے ۔)

$$\therefore \qquad \theta=\frac{Q}{4\pi K}\times\frac{1}{x}+A$$

جب کہ A تکمیلی عمل (Integration) کا ایک مستقل (Constant) ہے ۔ اگر برقرار حالت (Steady state) میں خول کی اندرونی سطح کا جس کا نصف قطر r_1 ہے، ٹمپریچر Q_1 ہو اور بیرونی سطح کا جس کا نصف قطر r_2 ہے، ٹمپریچر Q_2 ہو تو اوپر کی مساوات میں x کی بجائے بالترتیب r_1 اور r_2 لینے سے

$$\theta_1=\frac{Q}{4\pi K}\times\frac{1}{r_1}+A\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

$$\theta_2=\frac{Q}{4\pi K}\times\frac{1}{r_2}+A\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

(i) میں سے (ii) کو تفریق کرنے سے

$$\theta_1-\theta_2=\frac{Q}{4\pi K}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

یا $$\theta_1-\theta_2=\frac{Q}{4\pi K}\left(\frac{r_2-r_1}{r_1r_2}\right)$$

یا $$\frac{Q}{4\pi K}=\frac{(\theta-\theta_2)r_{11}r_2}{r_2-r_1}$$

$$\therefore \quad Q=\frac{4\pi K(\theta_1-\theta_2)r_1r_2}{r_2-r_1}$$

جب K کی قیمت معلوم ہو تو اس مساوات کی مدد سے Q کی قیمت معلوم کی جا سکتی ہے اور اگر Q کی قیمت معلوم ہو تو K کی قیمت نکالی جا سکتی ہے -

خول کے اندر مرکز سے x فاصلے پر ٹمپریچر θ معلوم کرنا - برقرار حالت (Steady state) میں خول کی اندرونی سطح پر جس کا فاصلہ مرکز سے r_1 ہے ، ٹمپریچر θ_1 ہے اور خول کی بیرونی سطح پر جس کا فاصلہ مرکز سے r_2 ہے، ٹمپریچر θ_2 ہے - اب خول کے اندر کی کسی سطح پر جس کا فاصلہ مرکز سے x ہے، ٹمپریچر θ معلوم کرنا مطلوب ہے

$$\because \quad \theta_1=\frac{Q}{4\pi K}\times\frac{1}{r_1}+A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

$$\theta_2=\frac{Q}{4\pi K}\times\frac{1}{r_2}+A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

ان میں سے مساوات (i) کو r_1 سے اور مساوات (ii) کو r_2 سے ضرب دینے سے

$$r_1\theta_1=\frac{Q}{4\pi K}+r_1A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

یا $$r_2\theta_1=\frac{Q}{4\pi K}\times r_2A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iv)$$

(iii) میں سے (ii) کو تفریق کرنے سے

$$r_2\theta_2-r_1\theta_1=r_2A-r_1A=(r_2-r_1)A$$

$$\therefore \quad A=\frac{r_2\theta_2-r_1\theta_1}{r_2-r_1} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (v)$$

اس سے پہلے ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$\theta=\frac{Q}{4\pi K}\times\frac{1}{x}+A\dots\dots\dots\dots\dots\dots(vi)$$

$$Q=\frac{4\pi K(\theta_1-\theta_2)r_1r_2}{r_2-r_1}\dots\dots\dots\dots\dots(vii)$$

(v) اور (vii) کو (vi) میں شامل کرنے سے

$$\theta=\frac{4\pi K(\theta_1-\theta_2)r_1r_2}{r_2-r_1}\times\frac{1}{4\pi K}\times\frac{1}{x}$$

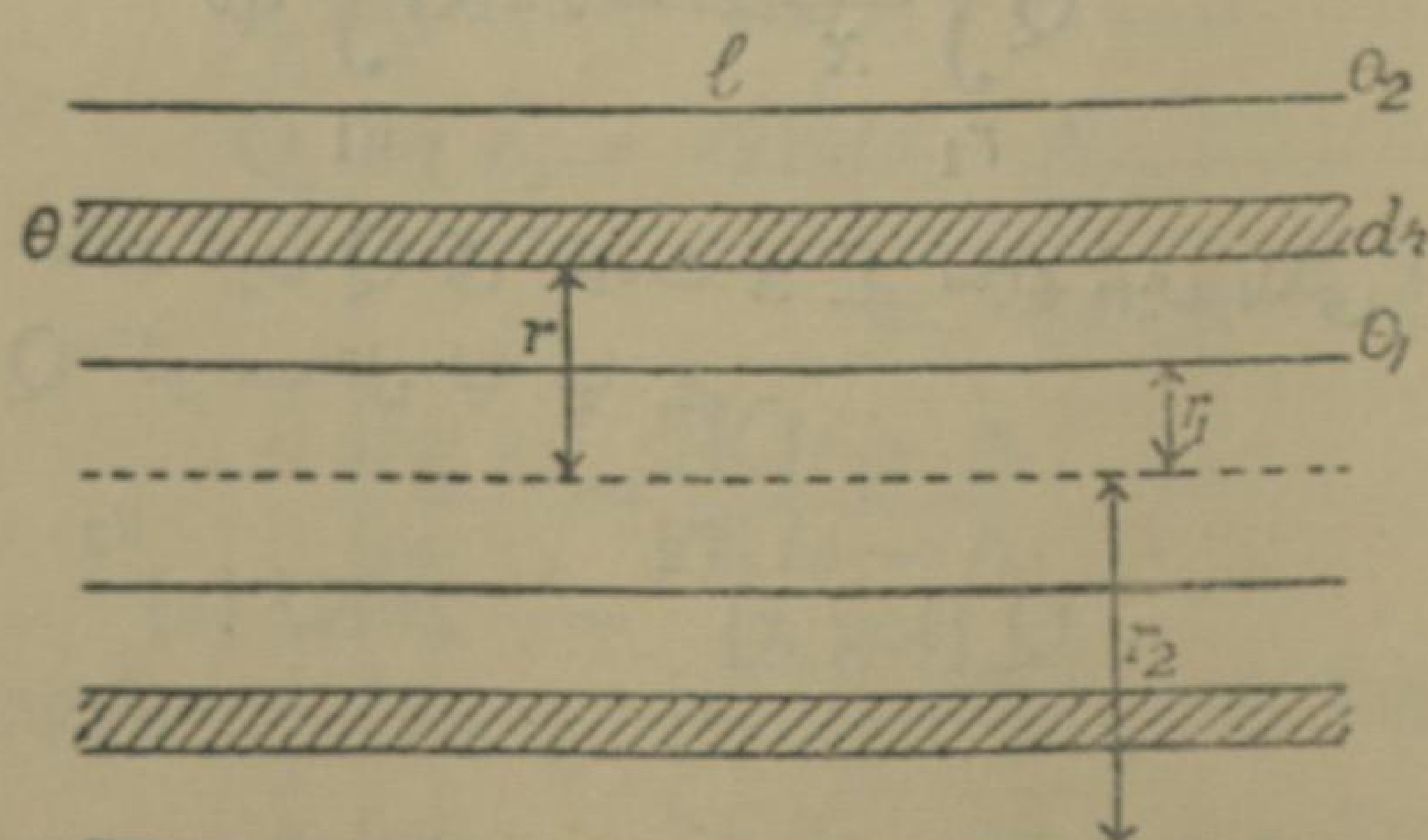
$$+\frac{r_1\theta_1-r_2\theta_2}{r_2-r_1}$$

یا

$$\theta=\frac{(\theta_1-\theta_2)r_1r_2}{(r_2-r_1)x}+\frac{r_1\theta_1-r_2\theta_2}{(r_2-r_1)}$$

$$\therefore\qquad \theta=\frac{1}{(r_2-r_1)}\left\{(r_1\theta_1-r_2\theta_2)+\frac{(\theta_1-\theta_2)r_1r_2}{x}\right\}$$

ایک سلنڈری نلی کی دیوار میں سے حرارت کا بہاؤ۔ فرض کرو کہ ہمارے پاس دھات کی بنی ہوئی ایک سلنڈری نلی ہے جس کا اندرونی نصف قطر r_1 اور بیرونی نصف r_2 ہے اور جس کی لمبائی l ہے ۔ اس کے درمیان میں اس کی لمبائی کے ساتھ ساتھ ایک برق تار ہے جس کے اندر برق رو گزار کر اسے گرم کیا گیا ہے ۔ یہی اس سلنڈری نلی کے لیے



حرارت کا ماخذ ہے جس سے حرارت نکل نکل کر سلنڈری نلی کی دیوار میں سے بہتی ہے - برقرار حالت میں سلنڈری نلی کی اندرونی سطح کا جس کا فاصلہ مرکزی محور سے r_1 ہے، ٹمپریچر Q_1 ہے اور سلنڈری نلی کی بیرونی سطح کا جس کا فاصلہ مرکزی محور سے r_1 ہے، ٹمپریچر Q_2 ہے -

سلنڈری نلی کی دیوار کے اندر ایک ایسی سلنڈری سطح کو زیر غور لاؤ جس کا فاصلہ محور سے x ہو - اگر اس سلنڈری سطح میں سے ایک سیکنڈ میں حرارت Q بہہ رہی ہو تو ایصال حرارت کے عام کلیے کے مطابق

$$Q = -KA\frac{d\theta}{dx}$$

چونکہ اس سطح کا رقبہ $2\pi xl$ ہے، اس لیے A کی یہ قیمت شامل کرنے سے

$$Q = -K \times 2\pi\, xl\, \frac{d\theta}{dx}$$

یا $$Q\frac{dx}{x} = 2\pi K l d\theta$$

اس پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے جب کہ اس کے حدود ایک طرف r_1 اور r_2 اور دوسری جانب θ_1 اور θ_2 لیے جائیں

$$Q\int_{r_1}^{r_2}\frac{dx}{x} = -2\pi K l\int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta$$

چونکہ برقرار حالت میں Q کی قیمت x کے ساتھ نہیں بدلتی اس لیے x کے مقابلے میں Q کو مستقل لیا گیا ہے -

$$\therefore\quad Q\,[\log x]_{r_1}^{r_2} = -2\pi K l\,[\theta]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

یا $$Q(\log r_2 - \log r_1) = -2\pi K l(\theta_2 - \theta_1)$$

یا $$Q \log\frac{r_2}{r_1} = 2\pi K l(\theta_1 - \theta_2)$$

$$\therefore \quad Q = \frac{2\pi K l(\theta_1 - \theta_2)}{\log\frac{r_2}{r_1}}$$

جب K کی قیمت معلوم ہو تو اس مساوات کی مدد سے Q کی قیمت دریافت کی جا سکتی ہے اور جب Q کی قیمت معلوم ہو تو اس سے K کی قیمت نکالی جا سکتی ہے۔

سلنڈری نلی کی دیوار کے اندر محور سے x فاصلے پر ٹمپریچر θ معلوم کرنا - برقرار حالت (Steady state) میں سلنڈری نلی کی دیوار کی اندرونی سطح پر جس کا فاصلہ محور سے r_1 ہے ٹمپریچر θ_2 ہے اور نلی کی دیوار کی بیرونی سطح پر جس کا فاصلہ محور سے r_1 ہے، ٹمپریچر θ_2 ہے۔ تب دیوار کی اندر کی کسی سطح پر جس کا فاصلہ محور سے x ہے، ٹمپریچر θ معلوم کرنا مطلوب ہے۔

$$\therefore \quad Q\int\frac{dx}{x} = -2\pi K l\int d\theta$$

$$\therefore \quad Q \log x = -2Kl\theta + A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اس مساوات کے مطابق

$$Q \log r_1 = -2Kl\theta_1 + A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

$$Q \log r_2 = -2Kl\theta_2 + A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

(ii) کو (iii) پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{\log r_1}{\log r_2} = \frac{2Kl\theta_1 - A}{2Kl\theta_2 - A}$$

$$2Kl\theta_2 \log r_1 - A \log r_1 = 2Kl\theta_1 \log r_2 - A \log r_2$$

$$\therefore \quad A \log r_2 - A \log r_1 = 2Kl(\theta_1 \log r_2 - \theta_2 \log r_1)$$

$$A=\frac{2Kl(\theta_1 \log r_2 - \theta_2 \log r_1)}{\log r_2 - \log r_1}\ldots(iv)$$

اس سے پہلے یہ ثابت کیا جا چکا ہے کہ

$$Q = \frac{2\pi Kl(\theta_1 - \theta_2)}{\log \frac{r_2}{r_1}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (v)$$

مساوات (i) سے

$$2\pi Kl\theta = A - Q \log x \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(iv)$$

(iv) اور (v) کو (vi) میں شامل کرنے سے

$$2\pi Kl\theta = \frac{2\pi Kl(\theta_1 \log r_2 - \theta_2 \log r_1)}{\log \frac{r_2}{r_1}}$$

$$- \frac{2\pi Kl(\theta_1 - \theta_2) \log x}{\log \frac{r_2}{r_1}}$$

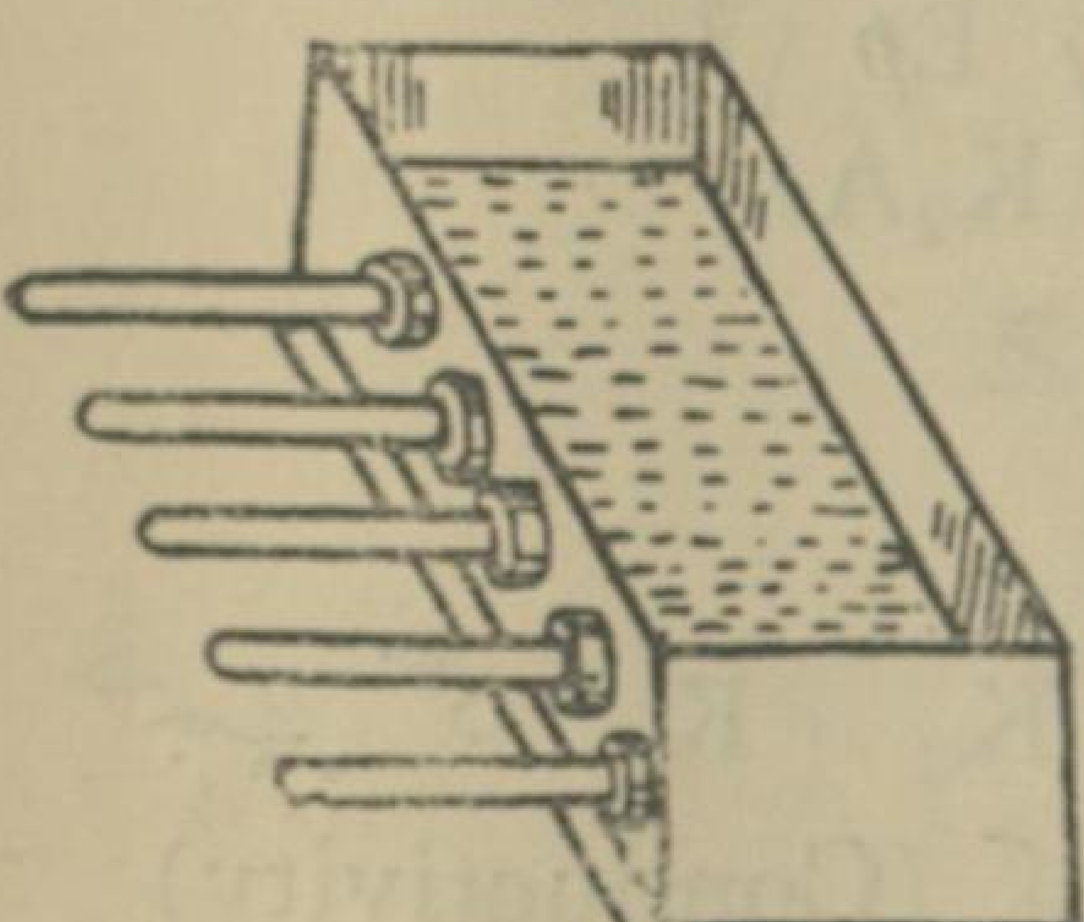
$$\therefore \qquad \theta = \frac{(\theta_1 \log r_2 - \theta_2 \log r_1) - (\theta_1 - \theta_2)\log x}{\log \frac{r_2}{r_1}}$$

اس مساوات سے سلنڈری نلی کی دیوار کے اندر کے کسی مقام پر ٹمپریچر معلوم کیا جاسکتا ہے۔

حرارتی ایصالیت کی عملی پیائش - حرارتی ایصالیت (Thermal conduction) کی عملی پیائش کے متعدد طریقے ہیں - ان میں سے بعض طریقے ذیل میں درج کیے جاتے ہیں - یہ طریقے دھاتوں کے لیے موزوں ہیں جو حرارت کی عمدہ موصل (Good conductor) ہوتی ہیں -

انجن ہاز کے طریقے سے مختلف دھاتوں کی ایصالیت کا مقابلہ کرنا - یہ طریقہ ایک سائنس دان ، انجن ہاز (Ingen-Hausz) کی اختراع ہے

اس کے ذریعے مختلف دھاتوں کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کا مقابلہ کیا جاسکتا ہے ۔ اور اگر اُن میں سے ایک دھات کی حرارتی ایصالیت معلوم ہو تو باقی دھاتوں کی ایصالیت نکالی جا سکتی ہے ۔ اس طریقے میں مختلف دھاتوں کی ایسی سلاخیں کام میں لائی جاتی ہیں جو لمبائی، موٹائی اور شکل میں بالکل یکساں ہوتی ہیں۔ ان پر پالش یا برق ملمع (Electro-plating) بھی ایک سا ہی کیا جاتا ہے۔ یہ تمام سلاخیں دھات کے ایک چورس ڈبے کے ایک پہلو میں نصب کی ہوتی ہیں جس کی صورت یہ ہے کہ ڈبے کے اس پہلو میں سوراخ کرکے ان میں کارک لگا دیے جاتے ہیں اور کارکوں میں چھید کرکے اُن میں سے ایک ایک سلاخ پھنسا دی جاتی ہے ۔ ان تمام سلاخوں کا تھوڑا سا حصہ ڈبے کے اندر اور باقی حصہ ڈبے سے باھر ہوتا ہے۔ اس بارے میں یہ التزام کیا جاتا ہے کہ تمام سلاخوں کی ایک جیسی لمبائی ڈبے کے باھر رہے ۔ سلاخوں کے ان بیرونی حصوں کو جو ڈبے سے باھر ہوتے ہیں، موم کی ایک پتلی اور ہموار تہ سے ڈھانپ دیا جاتا ہے ۔ ڈبے کے اندر گرم پانی یا گرم تیل جس کا ٹمپریچر کافی زیادہ ہوتا ہے، ڈال دیا جاتا ہے۔ اس کی حرارت سلاخوں کے اندر ایصال (Conduct) ہوتی ہے اور وہ موم کو پگھلاتی جاتی ہے ۔ جب تھوڑے عرصے کے بعد برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے تو موم کا مزید پگھلنا بند ہو جاتا ہے ۔ اس وقت یہ دکھائی دیتا ہے کہ مختلف سلاخوں پر موم مختلف لمبائیوں تک پگھلی ہے، یہ لمبائیاں l_1، l_2، l_3 وغیرہ ناپ لی جاتی ہیں۔ اب اگر اردگرد کے ٹمپریچر سے ڈبے کے گرم پانی یا گرم تیل کا ٹمپریچر بقدر θ_0 اونچا ہو اور موم کا پگھلاؤ کا درجہ θ ہو تو کلیہ



$$\theta=\theta_0^{-\mu x}$$

کے مطابق مختلف سلاخوں کے لیے

$$\theta=\theta_0^{-\mu_1 l_1}=\theta_0^{-\mu_2 l_2}=\theta_0^{-\mu_3 l_3}$$

جب کہ μ کی قیمت مختلف دھاتوں کے لیے μ_1 ، μ_2 ، μ_3 وغیرہ ہو

$$\therefore \quad \mu_1 l_1 = \mu_2 l_2 = \mu_3 l_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

$$\because \quad \mu^2 = \frac{Ep}{KA}$$

$$\therefore \quad \mu = \left(\frac{Ep}{KA}\right)^{\frac{1}{2}}$$

اور تمام سلاخوں کے سائز برابر ہونے کے باعث ان کا گھیر (Perimeter) p اور ان کی سیدھی کاٹ کا رقبہ A برابر ہے ۔ نیز ان پر ایک ہی قسم کا پالش ہونے کی وجہ سے ان کی سطح کی اشعاعی طاقت (Radiating power) E بھی ایک ہی ہے ، اس لیے ان مختلف سلاخوں کے لیے

$$\mu_1 = \left(\frac{Ep}{K_1A}\right)^{\frac{1}{2}} \quad , \quad \mu_2 = \left(\frac{Ep}{K_2A}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\mu_3 = \left(\frac{Ep}{K_3A}\right)^{\frac{1}{2}}$$

جب کہ K_1 ، K_2 ، K_3 ان سلاخوں کی دھاتوں کی ایصالیت (Conductivity) کو ظاہر کرتے ہیں ۔

μ_1 ، μ_2 ، اور μ_3 کی ان قیمتوں کو (i) میں شامل کرنے سے

$$\left(\frac{Ep}{K_1A}\right)^{\frac{1}{2}} l_1 = \left(\frac{Ep}{K_2A}\right)^{\frac{1}{2}} l_2 = \left(\frac{Ep}{K_3A}\right)^{\frac{1}{2}} l_3$$

یا

$$\frac{l_1}{\sqrt{K_1}} = \frac{l_2}{\sqrt{K_2}} = \frac{l_3}{\sqrt{K_3}}$$

یا

$$\sqrt{\frac{K_1}{l_1}} = \sqrt{\frac{K_2}{l_2}} = \sqrt{\frac{K_3}{l_3}}$$

ان کا مربع لینے سے

$$\frac{K_1}{l_1^2} = \frac{K_2}{l_2^2} = \frac{K}{l_3^2}$$

$$\therefore \qquad \frac{K_1}{K_2}=\frac{l_1^2}{l_2^2}$$

$$\frac{K_2}{K_3}=\frac{l_2^2}{l_3^2}$$

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ مختلف سلاخوں کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) ان لمبائیوں کے مربع کے بالعکس متناسب ہوتی ہیں جن پر سے موم پگھلتی ہے۔ اس لیے جب یہ لمبائیاں ناپ لی جائیں تو ان سلاخوں کی حرارتی ایصالیت کی باہمی نسبت مثلاً $\frac{K_1}{K_2}$ کی قیمت نکالی جا سکتی ہے اور اگر ان میں سے ایک سلاخ کی حرارتی ایصالیت K_1 معلوم ہو تو

$$K_2=\frac{l_2^2}{l_1^2}K_1$$

کے مطابق دوسری سلاخ کی حرارتی ایصالیت K_2 معلوم ہو سکتی ہے اس طریقے میں مندرجہ ذیل خامیاں ہیں۔

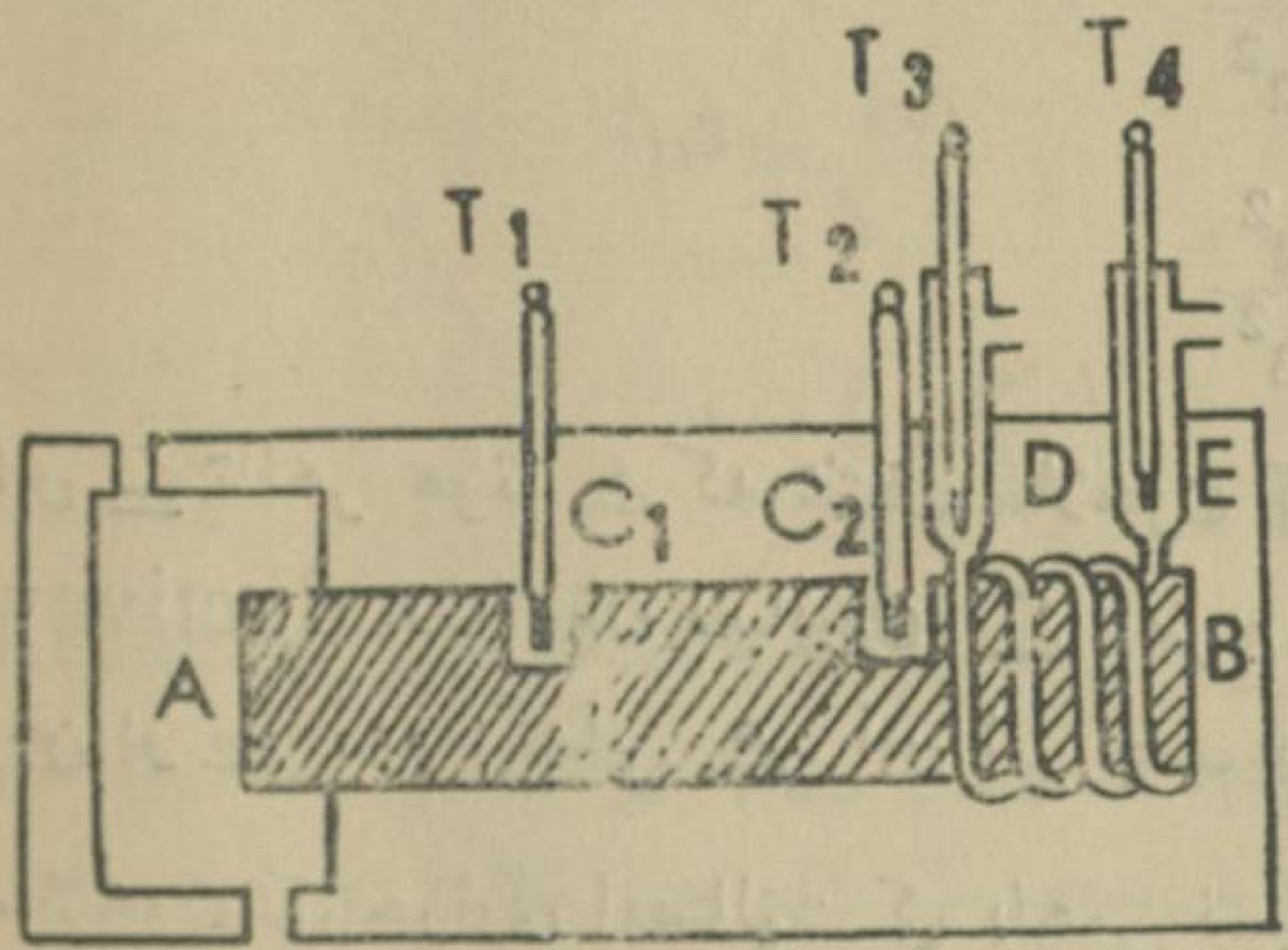
۱ - یہ ایک بالواسطہ طریقہ (Indirect method) ہے - چنانچہ اس کے ذریعے حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کی براہ راست پیمائش نہیں کی جاسکتی۔

۲ - اس طریقے کے نتائج زیادہ صحیح نہیں نکلتے۔

ان خامیوں کے باعث یہ طریقہ محض تجربہ دکھانے کے کام آتا ہے۔ عملی پیمائش میں اسے شاذ ہی استعمال کیا جاتا ہے۔

سرل کے طریقے (Searle's method) سے دھات کی ایک سلاخ کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا - یہ طریقہ انگلستان کے سائنس دان سرلے (Searle) نے ایجاد کیا تھا - اس کے ذریعے ایک دھات کی حرارتی ایصالیت (Thermal Conductivity) براہ راست ناپی جاتی ہے - اس طریقے میں استعمال ہونے والے آلے کی تفصیل حسب ذیل ہے۔

AB دی ہوئی دھات کی ایک سلنڈری سلاخ ہے جس پر چمکیلا پالش کیا ہوتا ہے - اس کی لمبائی قریباً 30 سنٹی میٹر اور اس کا قطر 4 یا 5 سنٹی میٹر ہوتا ہے -



اس کا A سرا بھاپ کے ایک خانے میں داخل کیا ہوا ہے اور اس وجہ سے اس سرے کا ٹمپریچر وہی ہے جو بھاپ کا ہے- اس کے B سرے کے قریب اس پر تانبے کی ایک پتلی نلی متعدد بل دے کر لپٹی ہوئی ہے جس کے کھلے سرے اوپر کو نکلے ہوئے ہیں اور وہاں انہیں چوڑا کر کے پیالی کی شکل کا بنا دیا گیا ہے - اس نلی میں ٹھنڈا پانی بہنے دیا جاتا ہے جو D پیالی میں سے داخل ہوتا ہے اور E پیالی میں سے باہر نکل جاتا ہے - D پیالی میں ایک تھرمامیٹر T_3 اور E پیالی میں ایک تھرمامیٹر T_4 نصب ہوتا ہے جن کے ذریعے پانی کا ٹمپریچر اس کے اندر داخل ہوتے وقت اور اندر سے باہر نکلتے وقت ناپا جاتا ہے - سلاخ کے بائیں حصے میں جو تانبے کی بل دار نلی اور A سرے کے درمیان ہے ، تھوڑے تھوڑے فاصلے پر دو تھرمامیٹر T_1 اور T_2 سلاخ میں دو سوراخ نکال کر ان میں لگائے گئے ہیں - ان سوراخوں میں پارہ بھرا رہتا ہے اور تھرمامیٹر کا بلب اس پارے میں ڈوبا ہوا ہوتا ہے - یہ تدبیر اس لیے کی جاتی ہے تا کہ ان دو مقامات پر سلاخ کے صحیح صحیح ٹمپریچر معلوم ہو جائیں - پوری سلاخ لکڑی کے ایک بکس میں بند ہوتی ہے اور اس بکس میں ایسی اشیا بھری ہوتی ہیں جو حرارت کی ناقص موصل ہیں تاکہ سلاخ کی سطح پر سے حرارت کا ضیاع (Loss) کم از کم ہو -

تجربہ کرنے کے لیے سلاخ کے A سرے کے گرد کے خانے میں بھاپ گزارو اور B سرے کے قریب لپٹی ہوئی تانبے کی بل دار نلی میں پانی کا بہاؤ جاری کر دو - سلاخ کا A سرا بھاپ سے حرارت لے کر گرم

ہوگا اور پھر یہ حرارت سلاخ کے ساتھ ساتھ ایصال (Conduct) ہو گی جس سے تھرمامیٹر T_1 اور تھرمامیٹر T_2 کا پارہ اوپر چڑھنے لگے گا - جب تھوڑے عرصے کے بعد برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جائے گی تو دونوں تھرمامیٹروں کا ٹمپریچر اپنی حد پر پہنچ کر برقرار ہو جائے گا - اس وقت تھرمامیٹر T_1 کا ٹمپریچر θ_1 اور تھرمامیٹر T_2 کا ٹمپریچر θ_2 نوٹ کرو - دوسری طرف تانبے کی بل دار نلی میں جو پانی بہہ رہا ہے اس کا ٹمپریچر بھی پیالی D میں ، جہاں وہ داخل ہوتا ہے ، کم ہوگا اور پیالی E میں جہاں وہ خارج ہوتا ہے ، زیادہ ہوگا - کیونکہ اس دوران میں وہ سلاخ سے حرارت جذب کر رہا ہوگا - پیالی D کے اندر کے تھرمامیٹر T_3 کا ٹمپریچر θ_3 اور پیالی E کے اندر تھرمامیٹر T_4 کا ٹمپریچر θ_4 بھی نوٹ کرو - ان میں θ_3 سے θ_4 اونچا ہوگا - ساتھ ہی اس پانی کو جو بل دار نلی میں سے خارج ہو رہا ہے ، وقت t سیکنڈ تک ایک بیکر میں بہنے دو اور اس پانی کو وزن کر کے اس کی کمیت (Mass) m نکالو - چونکہ سلاخ برقرار حالت (Steady-state) میں ہے ، اس لیے سلاخ کے ساتھ ساتھ ٹمپریچر کی ڈھال (Temper-ature gradient) ہر جگہ یکساں ہے - جس کا مطلب یہ ہے کہ وقت t میں جو حرارت Q سلاخ کے نقاط C_1 سے C_2 تک پہنچتی ہے وہ وہی ہے جو اس سے آگے t سیکنڈ میں بہنے والے پانی کو ملتی ہے - چونکہ اس پانی کی کمیت m ، اس کی حرارت مخصوصہ ایک اور اس کے ٹمپریچر کی زیادتی $(\theta_4-\theta_3)$ ہے اس لیے

$$Q=m(\theta_4-\theta_3) \qquad \ldots\ldots\ldots (i)$$

چونکہ وقت t میں سلاخ کے نقطہ C_1 سے نقطہ C_2 تک ایصال ہونے والی حرارت بھی یہی Q ہے اس لیے ایصال حرارت کے عام کلیے کے مطابق

$$Q=KA\frac{(\theta_1-\theta_2)t}{l} \qquad \ldots\ldots (ii)$$

اس مساوات میں سلاخ کی سیدھی کاٹ (Cross section) کا رقبہ A ہے

اور چونکہ سلاخ سلنڈری شکل کی ہے ، اس لیے اگر اس کا نصف قطر r اور قطر D ہو تو

$$A=\pi r^2=\frac{\pi D^2}{4}$$

سلاخ کے نقاط C_1 اور C_2 کے درمیان لمبائی l ہے اور سلاخ کی حرارتی ایصالیت K ہے -

(i) اور (ii) سے

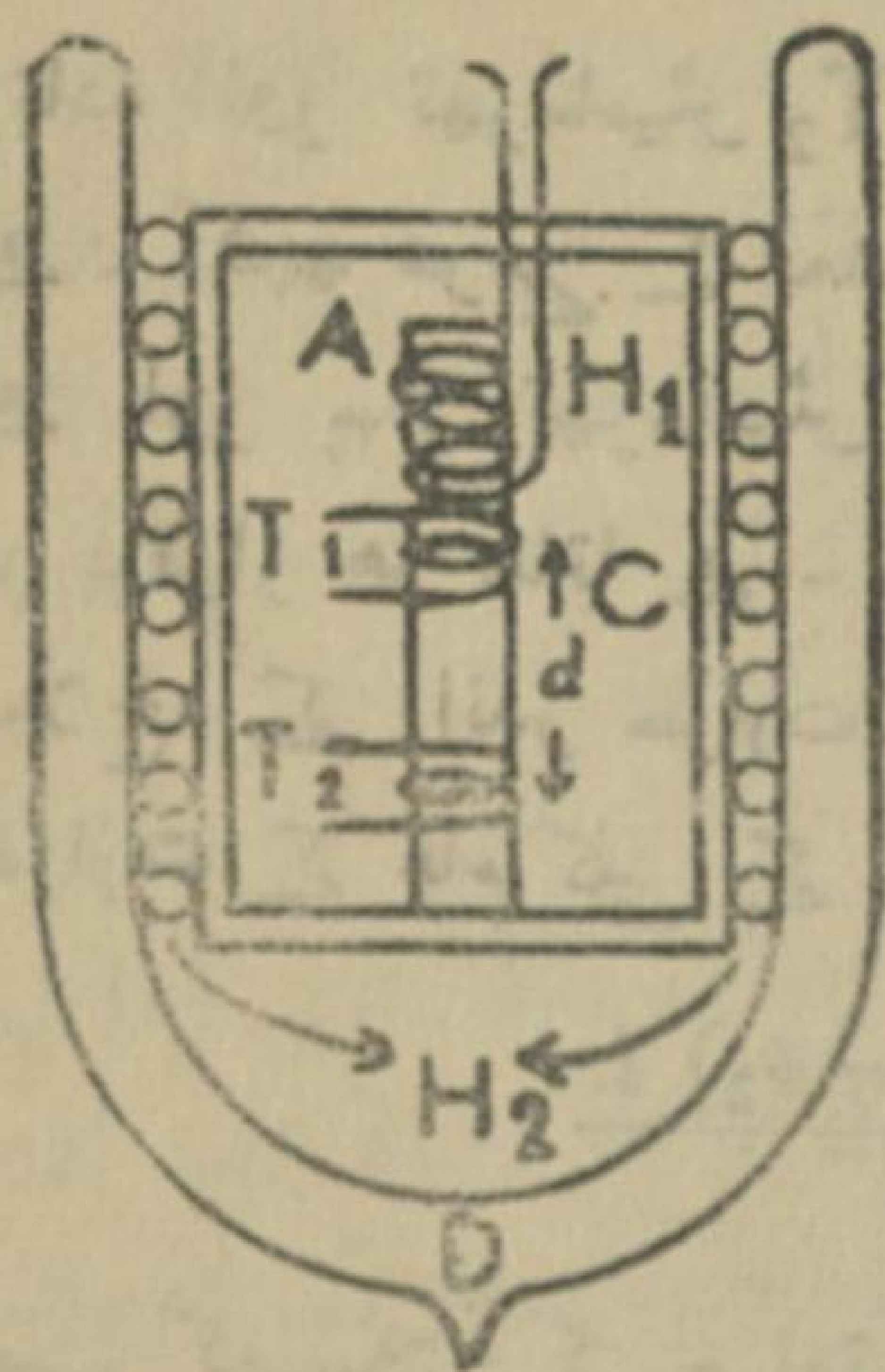
$$KA\frac{(\theta_1-\theta_2)t}{l}=m(\theta_4-\theta_3)$$

$$\therefore\ K=\frac{ml(\theta_4-\theta_3)}{A(\theta_1-\theta_2)t}$$

اس طرح K کی قیمت معلوم کر لی جاتی ہے -

لیز کے طریقے (Lees' method) سے دھات کی ایک سلاخ کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا - یہ طریقہ ایک سائنس دان لیز (Lees) نے سب سے پہلے 1903ء میں برتا تھا ، اس لیے یہ لیز کا طریقہ (Lees' method) کہلاتا ہے - اس طریقے کا خاص فائدہ یہ ہے کہ اس کے ذریعے مختلف ٹمپریچروں پر (جن میں بہت نیچے کے ٹمپریچر بھی شامل ہیں) دھاتوں کی حرارتی ایصالیت (Thermal conduction) ناپی جا سکتی ہے اور اس طرح ٹمپریچر کے ساتھ حرارتی ایصالیت کی تبدیلی کی چھان بین ہو سکتی ہے -

لیز کا آلہ ایک فریم پر مشتمل ہے جس کے اندر دی ہوئی دھات کی ایک سلاخ AB عموداً نصب ہوتی ہے - یہ سلاخ قریباً 7 سنٹی میٹر لمبی ہوتی ہے اور اس کا قطر قریباً 0·5 سنٹی میٹر ہوتا ہے - اس طرح یہ سائز میں ایک عام پنسل کے مشابہ ہوتی ہے - اس سلاخ کے A سرے کے قریب اس پر ایک لچھا یعنی کوائل H_1 لپٹا ہوا ہے جس میں برقی رو گزارنے سے اس کو گرم کیا جا سکتا ہے - اس سے آگے اسی سلاخ پر دو پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹروں T_1 اور T_2



کے کوائل لپٹے ہوئے ہیں جن کے درمیان فاصلہ d ہے - یہ سب کچھ ایک ڈیوار فلاسک (Dewar flask) D کے اندر رکھا ہوا ہوتا ہے تاکہ سلاخ کی سطح پر سے اشعاع (Radiation) کے ذریعے حرارت ضائع نہ ہو - تانبے کے فریم کے گرد ایک اور لچھا یعنی کوائل H_2 لپیٹا ہوا ہے - اس کے ذریعے سے اس فریم کو حرارت پہنچائی جا سکتی ہے اور اس طرح فریم کے اندر کے ٹمپریچر کو حسب خواہش کسی مقررہ درجے تک لایا جا سکتا ہے۔

جب اس آلے کے ذریعے کسی ٹھنڈے ٹمپریچر مثلاً 0°C یا 50°C– یا 100°C– پر سلاخ کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا مقصود ہو تو پہلے ڈیوار فلاسک میں مائع ہوا بھر دی جاتی ہے جس سے سارے آلے کا ٹمپریچر بہت نیچے تک گر جاتا ہے - اس کے بعد یہ مائع ہوا فلاسک میں سے نکال لی جاتی ہے اور بیرونی کوائل (Coil) H_2 میں برق رو گزاری جاتی ہے جس کی حرارت سے آلے کا ٹمپریچر اونچا ہو کر مطلوبہ ٹمپریچر مثلاً 100°C– یا 50°C– یا 0°C تک آ جاتا ہے۔ اب آلہ استعمال کے لیے تیار ہے -

تجربہ کرنے کے لیے سلاخ AB کے قریب لپٹے ہوئے کوائل H_1 میں برق رو گزاری جاتی ہے اور ایک حساس ایم میٹر (Ammeter) سے اس برق رو کی قیمت I ایمپیئر (Amperes) میں اور ایک وولٹ میٹر (Voltmeter) سے اس کوائل کے آر پار پوٹانشل (Potantial) کا فرق E وولٹ (Volts) میں ناپ لیا جاتا ہے۔ کوائل H_1 میں برق رو کے چلنے سے جو حرارت پیدا ہوتی ہے وہ سلاخ AB میں A سے B کی طرف جاتی ہے جس سے تھرمامیٹروں T_1 اور T_2 کا ٹمپریچر بڑھتا ہے - ٹمپریچر کی یہ زیادتی تھرمامیٹر T_1 میں جو A سرے کے قریب ہے ، نسبتاً

زیادہ اور تھرمامیٹر T_2 میں جو A سرے سے دور ہے ، نسبتاً کم ہوتی ہے - کچھ عرصے کے بعد برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے اور پہلا تھرمامیٹر ٹمپریچر θ_1 پر اور دوسرا تھرمامیٹر ٹمپریچر θ_2 پر برقرار ہو جاتا ہے - جنھیں ناپ لیا جاتا ہے - اب اگر وقت t میں سلاخ کے اندر حرارت Q ایصال (Conduct) ہو رہی ہو تو ایصال حرارت کے عام کلیے کے مطابق

$$Q=\frac{KA(\theta_1-\theta_2)\,t}{l}$$

جب کہ سلاخ کی حرارتی ایصالیت K ہے ، اس کی سیدھی کاٹ (Cross section) کا رقبہ A ہے اور اس کے دونوں تھرمامیٹروں کے مقامات کے درمیان فاصلہ l ہے - چونکہ برقرار حالت (Steady state) قائم ہو چکی ہے اس لیے یہ حرارت Q اُس حرارت کے برابر ہے جو برق رو سے سلاخ کو t وقت میں سپلائی ہوتی ہے اور جس کی قیمت کلوریوں میں $\frac{EIt}{J}$ ہے -

$$\therefore\quad K\frac{A(\theta_1-\theta_2)t}{l}=\frac{EIt}{J}$$

یا

$$K=\frac{EI}{J}\div\frac{l}{A(\theta_1-\theta_2)}$$

اس طرح K کی قیمت نکل آتی ہے-

غلطی کا ایک ماخذ اور اس کی تصحیح - اس تجربے میں غلطی کا ایک اہم ماخذ (Source) ہے - جس کے مطابق ٹمپریچر $(\theta_1-\theta_2)$ میں تصحیح لگانا ضروری ہو جاتا ہے - اس کی تفصیل حسب ذیل ہے :

جب کوائل A میں برق رو گزار کر سلاخ AB کو حرارت پہنچائی جاتی ہے تو اس حرارت کا کچھ حصہ تانبے کے فریم کو بھی جو اس سلاخ کے اردگرد ہوتا ہے ، پہنچ جاتا ہے - اس پر وہ فریم بھی گرم ہونے کے بعد کچھ حرارت اشعاع (Radiation) کے ذریعے سلاخ کو

واپس دیتا ہے جس کی وجہ سے پہلے سلاخ کے ٹھنڈے سرے B کا اور رفتہ رفتہ پوری سلاخ کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ہے ۔ حرارت کے اس آلٹے بہاؤ کے باعث سلاخ میں ٹمپریچر کا فرق $(\theta_1 - \theta_2)$ اس سے ذرا کم پیدا ہوتا ہے جو حرارت کے اس آلٹے بہاؤ کی عدم موجودگی میں ہوتا ۔ اس لیے ٹمپریچر کا صحیح اختلاف معلوم کرنے کے لیے ٹمپریچر کی اس خفیف سی کمی کو معلوم کر کے اس کو $(\theta_1 - \theta_2)$ میں جمع کرنا ضروری ہو جاتا ہے ۔ اس کا طریقہ یہ ہے کہ کوائل H_1 اور کوائل H_2 دونوں ایک ہی مزاحمت (Resistance) کے بنائے جاتے ہیں اور اصل تجربہ کرنے سے پہلے وہی برق رو جو اصل تجربے کے دوران میں کوائل H_1 میں گزارنی مقصود ہوتی ہے ، اب کوائل H_2 میں گزاری جاتی ہے اور برقرار حالت (Steady state) قائم ہونے کے بعد دونوں تھرمامیٹروں T_1 اور T_2 میں ٹمپریچر کا فرق $d\theta_1$ معلوم کیا جاتا ہے ۔ (اب کی بار تھرمامیٹر T_2 کا ٹمپریچر زیادہ اور تھرمامیٹر T_1 کا ٹمپریچر کم ہوتا ہے) ۔ اصل تجربہ کرنے کے بعد یہ ابتدائی تجربہ ایک بار پھر دھرایا جاتا ہے اور دونوں تھرمامیٹروں کے ٹمپریچر کا فرق $d\theta_2$ پہلے کی طرح معلوم کیا جاتا ہے ۔ تب صحیح فرق جو ان دونوں کی اوسط کے برابر ہوتا ہے ، $\frac{d\theta_1 + d\theta_2}{2}$ نکلتا ہے ۔ اس کے بعد اصل تجربہ کیا جاتا ہے اور اس کے دوران میں ٹمپریچر کا جو فرق $(\theta_1 - \theta_2)$ پیدا ہوتا ہے ، اس میں $\frac{d\theta_1 + d\theta_2}{2}$ کو جمع کر کے اس فرق کی تصحیح کر لی جاتی ہے اور اس تصحیح شدہ فرق کو اوپر کے کلیے میں استعمال کر کے حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) K کی قیمت نکالی جاتی ہے ۔

نوٹ ۔ لیز (Lees) نے اپنے اس طریقے سے متعدد دھاتوں کی حرارتی (Thermal conductivity) 18°C سے −170°C کے درمیان مختلف ٹمپریچروں پر دریافت کی اور اس طرح ٹمپریچر کے ساتھ حرارتی ایصالیت کی تبدیلی کے متعلق قابل قدر معلومات حاصل کیں ۔

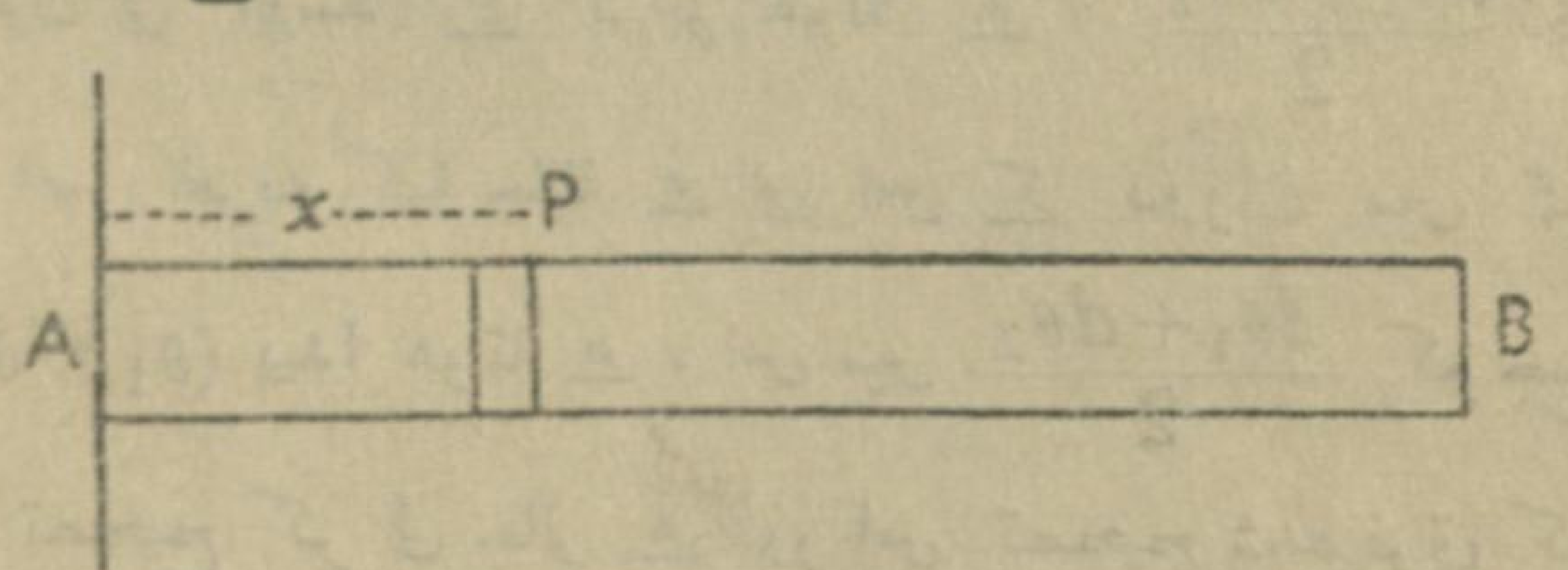
فورب کے طریقے (Forbe's method) سے دھات کی ایک سلاخ کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا ۔ دھات کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کو معلوم کرنے کا یہ طریقہ بہت پرانا ہے کیونکہ اس کو ایک سائنس دان ، فورب (Forbe) نے پہلے پہل 1867ء میں استعمال کیا تھا ۔

اس طریقے کی واحد خوبی یہ ہے کہ اس میں حرارتی ایصالیت کے بنیادی کلیے

$$Q = KA\frac{d\theta}{dt}\,t$$

کا براہ راست اطلاق ہوتا ہے ۔

اصول ۔ اگر ایک سلاخ AB کے ایک سرے A کو کسی گرم باتھ (Bath) میں رکھا جائے جو ایک اونچے مستقل ٹمپریچر پر ہو ، تو A سے B تک اس حرارت کا ایصال (Conduction) ہونے لگتا ہے اور ساتھ ساتھ حرارت اشعاع (Radiation) کے ذریعے بھی خارج ہوتی ہے جس کے باعث کچھ عرصے کے بعد برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے ۔ اس حالت میں سرے A سے x فاصلے پر ایک چھوٹے



سے جزو یا سیکشن P کو زیر غور لاؤ ۔ اگر اس سیکشن (Section) میں سے حرارت Q_1 فی سیکنڈ ایصال (Conduct) ہو رہی ہو تو

$$Q_1 = KA\frac{d\theta}{dx}$$

جب کہ K اس سلاخ کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) ہے ۔ A اس کی سیدھی کاٹ (Cross section) کا رقبہ ہے اور P کے

مقام پر یعنی A سرے سے x فاصلے پر $\frac{d\theta}{dx}$ ٹمپریچر کا ڈھال (Tem-perature gradient) ہے۔ چونکہ سلاخ AB کافی لمبی ہے اور اس کی سطح پر سے حرارت کا اشعاع آزادانہ ہوتا ہے، اس لیے برقرار حالت (Steady state) کے قائم ہو جانے کے بعد B سرے پر پہنچتے پہنچتے ٹمپریچر اتنا گر جاتا ہے کہ اس سرے کا ٹمپریچر ارد گرد کے ٹمپریچر کے برابر ہو جاتا ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ جو حرارت Q_1، سیکشن P میں سے گزرتی ہے وہ سرے B تک پہنچتے پہنچتے تمام کی تمام اشعاع (Radiation) کے ذریعے خارج ہو جاتی ہے۔ اس لیے اگر یہ خارج ہونے والی حرارت Q_2 ہو تو

$$Q_1 = Q_2$$

اس خارج ہونے والی حرارت Q_2 کا اندازہ لگانے کے لیے سلاخ کے P مقام پر ایک چھوٹا سا جزو (Element) لو، جس کی موٹائی نہایت قلیل اور dx کے برابر ہو، چونکہ اس جزو کا رقبہ A ہی ہے جو سلاخ کی سیدھی کاٹ (Cross section) کا ہے، اس لیے اس جزو کا حجم Adx ہے اور اگر سلاخ کی کثافت (Density) ρ ہو تو

$$Adx\,\rho = \text{اس جزو کی کمیت}$$

اگر سلاخ کی حرارت مخصوصہ (Specific heat) S ہو اور وقت کے ساتھ اس جزو کے ٹمپریچر کے گراؤ کی شرح $\frac{d\theta}{dt}$ ہو تو اس جزو سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی حرارت

$$= Adx\,\rho S \frac{d\theta}{dt}$$

اگر سلاخ AB کی کل لمبائی l ہو تو چونکہ AP کا فاصلہ x ہے، اس لیے سلاخ کے PB حصے کی لمبائی $l - x$ ہے۔ اب چونکہ PB حصے کے ایک قلیل سے جزو کی خارج کردہ حرارت کی شرح

$$Adx\,\rho S \frac{d\theta}{dt}$$

ہے، اس لیے پورے حصے PB کی خارج کردہ حرارت Q_2 کی قیمت اس پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے نکالی جا سکتی ہے، جب کہ اس کے حدود l اور x لیے جائیں۔

$$\therefore \qquad Q_2=\int_x^l A\,dx\,\rho S\,\frac{d\theta}{dt}$$

$$\text{یا} \qquad Q_2=A\rho S\int_x^l \frac{d\theta}{dt}\,dx$$

$$\because \qquad Q_1=Q_2$$

$$\therefore \qquad KA\,\frac{d\theta}{dx}=A\rho S\int_x^l \frac{d\theta}{dt}\,dx$$

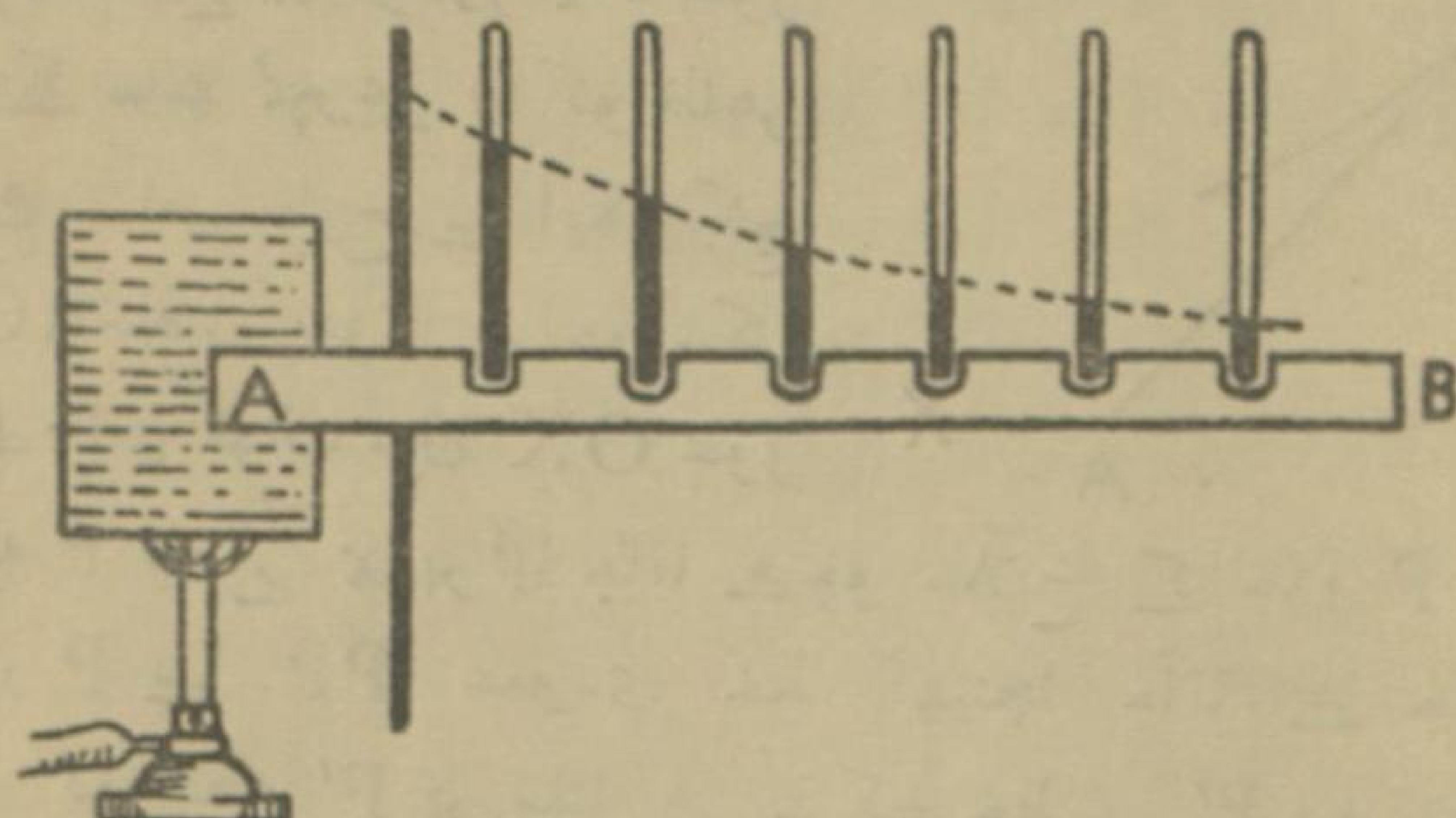
$$\text{یا} \qquad K=\frac{\rho S\int_x^l \frac{d\theta}{dt}\,dx}{\frac{d\theta}{dx}}$$

فورب (Forbe) کے اس طریقے میں دو علیحدہ علیحدہ تجربے کیے جاتے ہیں جن میں سے پہلے تجربے میں جو سکونی تجربہ (Static experiment) کہلاتا ہے - $\frac{d\theta}{dx}$ کی قیمت نکالی جاتی ہے اور دوسرے تجربے میں، جو حرکتی تجربہ (Dynamic experiment) کہلاتا ہے

$$\int_x^l \frac{d\theta}{dt}\,dx$$

کی قیمت معلوم کی جاتی ہے -

سکونی تجربہ (Static experiment) - جس دھات کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنی ہو اس کی ایک لمبی سلنڈری شکل کی سلاخ لی جاتی ہے اور اس پر سفید روغن کر دیا جاتا ہے - اس سلاخ کا ایک سرا A ایک گرم باتھ میں رکھا جاتا ہے جس میں پگھلا ہوا سیسہ پڑا ہوا ہوتا ہے - اس کے نیچے برنر (Burners) متواتر جلتے رہتے ہیں اور اس میں گاہے گاہے سیسے کے تازہ ٹکڑے شامل کیے جاتے ہیں تاکہ باتھ کا ٹمپریچر سیسے کے پگھلاؤ کے درجے پر برقرار رہے - سلاخ کے ساتھ ساتھ دس دس سنٹی میٹر کے فاصلے پر سوراخ نکال کر ان میں تھرمامیٹر



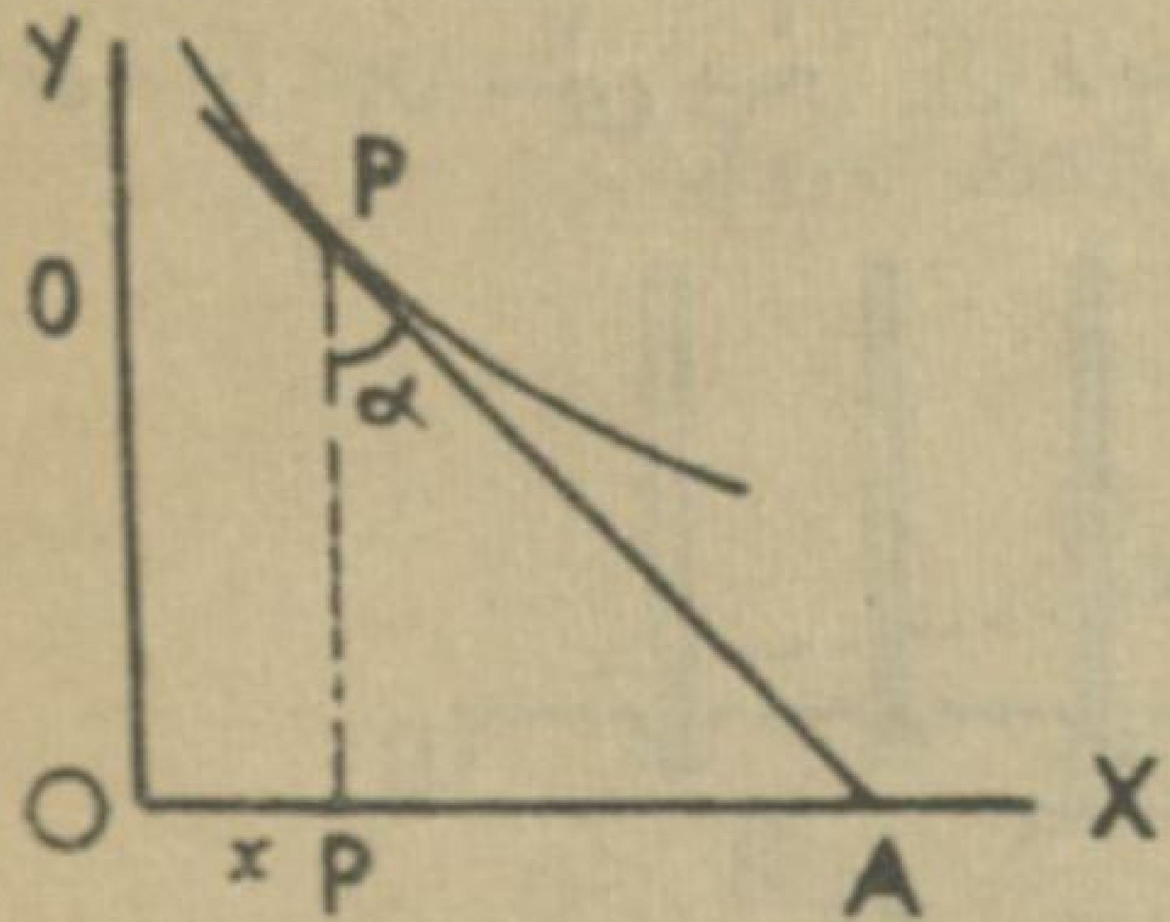
نصب کیے جاتے ہیں اور سوراخوں میں تھوڑا تھوڑا پارہ ڈال کر اس کے اندر تھرمامیٹر کے بلب کو ڈبو کر رکھا جاتا ہے تاکہ سلاخ کے ساتھ ان تھرمامیٹروں کا گہرا حرارتی رابطہ رہے - علاوہ ازیں تھرمامیٹروں اور باتھ کے درمیان لکڑی کا ایک تختہ رکھا جاتا ہے جو باتھ کی حرارت کو اشعاع کے ذریعے براہ راست تھرمامیٹروں تک جانے میں مانع ہوتا ہے - جوں جوں پگھلتے سیسے کے باتھ سے حرارت کا ایصال (-Conduc tion) سلاخ میں سے A سے B کی طرف ہوتا ہے ، تھرمامیٹروں کا پارہ بتدریج اوپر بڑھتا ہے - قریباً چھ سے آٹھ گھنٹوں کے بعد برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے اور تھرمامیٹر اپنے اپنے آخری ٹمپریچروں پر پہنچ جاتے ہیں جس کے بعد ان کے پارے کا مزید اوپر چڑھنا بند ہو جاتا ہے - اس وقت سلاخ کے ساتھ ساتھ ٹمپریچر کی تقسیم نقطہ‌دار کج خط (Dotted curve) کے مطابق ہوتی ہے اور ریاضی کی

رو سے A سرے سے x فاصلے پر کا ٹمپریچر θ ذیل کی مساوات کے مطابق ہوتا ہے

$$\theta=\theta_0^{-\mu x}$$

جب کہ θ_0 باتھ ٹمپریچر ہو ۔

اس مساوات کی تفصیل پہلے دی جا چکی ہے ۔ تھرمامیٹروں کے ٹمپریچروں (θ) اور A سرے سے ان کے فاصلوں (x) کو ایک نقشے میں درج کیا جاتا ہے اور پھر ان قیمتوں کی بنا پر فاصلے اور ٹمپریچر کا گراف کھینچا جاتا ہے جس میں X — محور یعنی OX کے ساتھ فاصلے x کو اور Y - محور یعنی OY کے ساتھ ٹمپریچر θ کو ظاہر کیا جاتا ہے ۔ اس طرح سے ایک کج خط (Curve) حاصل ہوتا ہے جو شکل میں ظاہر ہے ۔ اس گراف میں OX محور پر ایک نقطہ P فاصلے x پر لیا جاتا ہے جو سلاخ کے جزو P کو ظاہر کرتا ہے اور P سے PP′ عمودی خط کھینچا جاتا ہے جو کج خط (Curve) کو نقطہ P′ پر ملتا ہے ۔ کج خط پر P′ وہ نقطہ ہے جو سلاخ کے جزو P کی حالت کو ظاہر کرتا ہے ۔ P′ سے اس کج خط کا ایک مماس (Tangent) کھینچو جو OX کے ساتھ زاویہ α بنائے ۔ اس زاویے α کا ظل (Tangent) یعنی $\tan\alpha$ ٹمپریچر کی ڈھال (Temperature gradient) $\frac{d\theta}{dx}$ کو ظاہر کرتا ہے جو سلاخ کے مقام P پر ہوتی ہے ۔ اس طرح مساوات



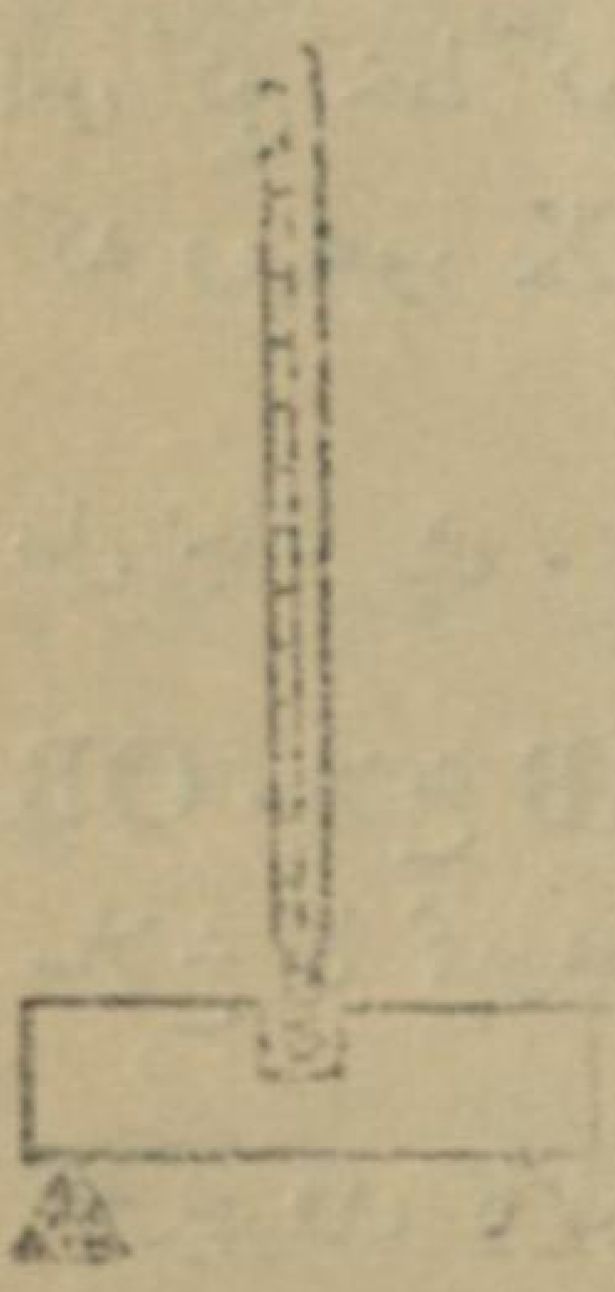
$$K=\frac{\rho S\int_x^l \frac{d\theta}{dt}dx}{\frac{d\theta}{dx}}$$

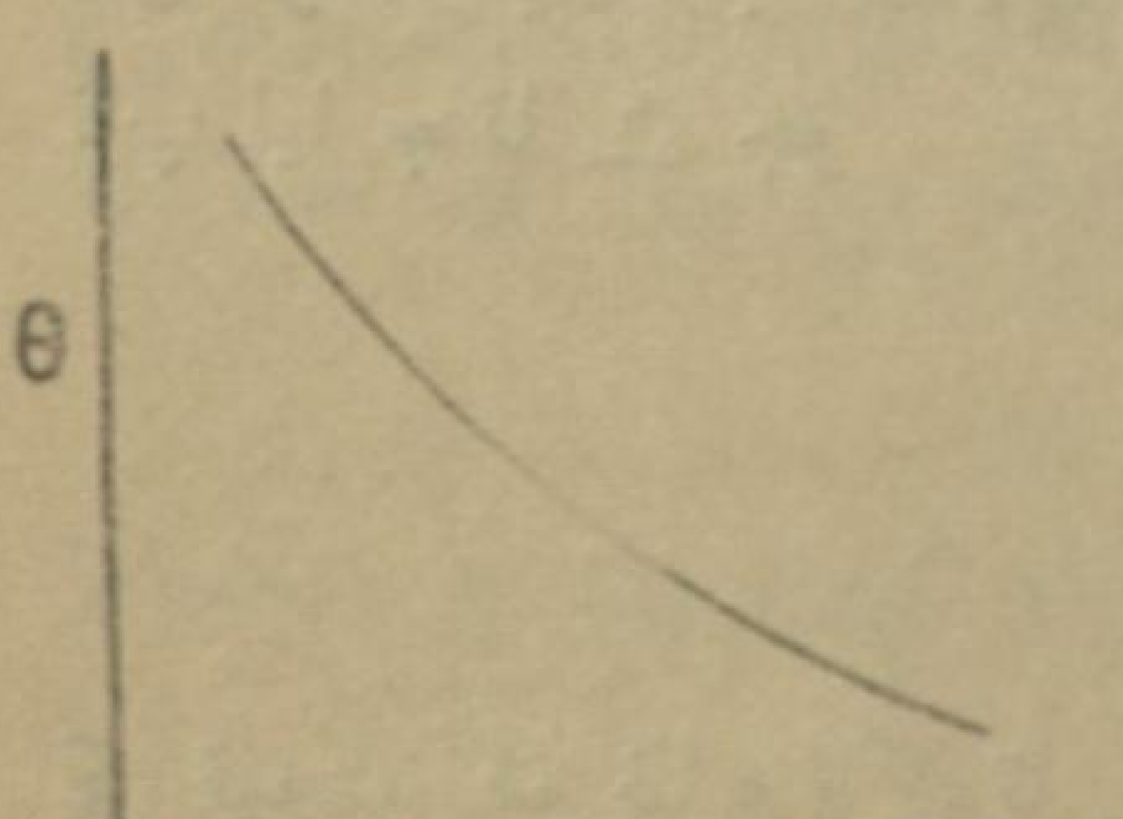
میں $\frac{d\theta}{dx}$ کی قیمت معلوم ہو جاتی ہے ۔

حرکتی تجربہ (Dynamic experiment) - یہ تجربہ فورب (Forbe) کے طریقے کا دوسرا حصہ ہے جس کے ذریعے

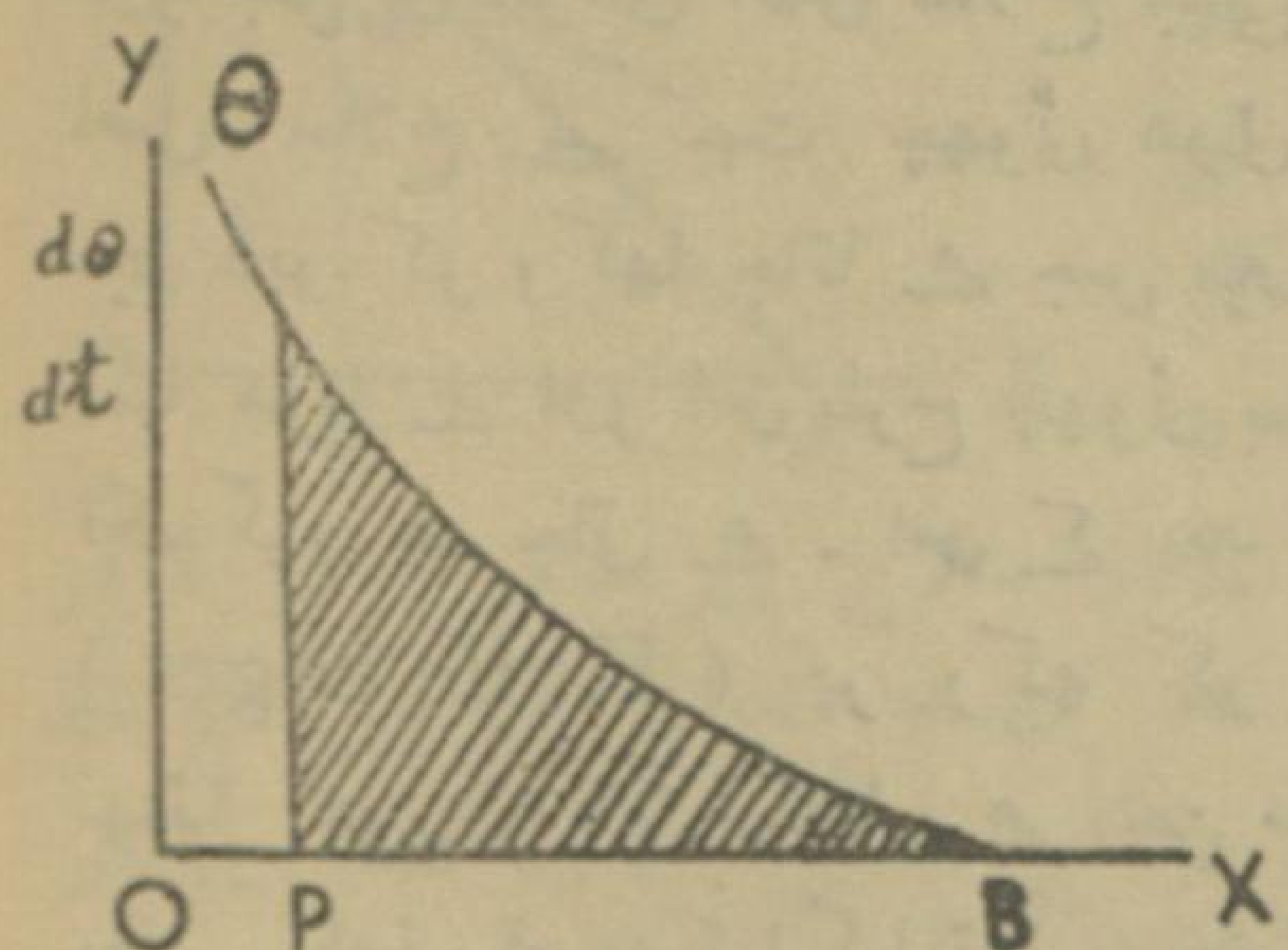
$$\int_{x}^{l} \frac{d\theta}{dt} dx$$

کی قیمت معلوم کی جاتی ہے - اس تجربے میں سلاخ AB کا چھوٹا سا حصہ کام میں لایا جاتا ہے - یہ ضروری نہیں ہے کہ یہ حصہ سلاخ میں سے کاٹا جائے بلکہ اکثر اوقات اصل سلاخ کے ساتھ یہ چھوٹی سلاخ بھی اسی دھات کی بنا لی جاتی ہے جس کی شکل اصلی سلاخ جیسی اور جس کی موٹائی اصل سلاخ جتنی ہوتی ہے ، البتہ لمبائی میں وہ اصل سلاخ سے بہت چھوٹی ہوتی ہے - اس چھوٹی سلاخ کو اسی باتھ میں ڈبو کر رکھا جاتا ہے جس میں اصل سلاخ AB کا سرا A گرم کیا ہوتا ہے اور اس طرح چھوٹی سلاخ تمام کی تمام اس باتھ کے ٹمپریچر تک گرم ہو جاتی ہے - اس کے بعد اس چھوٹی سلاخ کو دو پھلوں (Knife edges) پر رکھ کر انہیں حالات میں ٹھنڈا ہونے دیا جاتا ہے جن حالات میں پہلا تجربہ یعنی سکونی تجربہ کیا گیا تھا - چھوٹی سلاخ کے درمیان ایک سوراخ کر کے اس میں ایک تھرمامیٹر نصب کیا ہوتا ہے اور سوراخ کے باقی حصے میں حسب دستور کچھ پارہ ڈال دیا جاتا ہے تاکہ تھرمامیٹر صحیح طور پر اس سلاخ کے ٹمپریچر کو ظاہر کرے - سٹاپ واچ (Stop watch) کی مدد سے تھوڑے تھوڑے وقت کے بعد سلاخ کا ٹمپریچر معلوم کیا جاتا ہے اور اس کے بعد وقت (t) اور ٹمپریچر θ کی ان قیمتوں کی مدد سے وقت ٹمپریچر کا ایک گراف کھینچ دیا جاتا ہے جس میں وقت t محور OX کے ساتھ اور ٹمپریچر θ محور OY کے ساتھ ظاہر کیا ہوتا ہے - اس طرح چھوٹی سلاخ کے لیے ٹھنڈک کا کج خط (Cooling Curve) حاصل ہو





جاتا ہے۔ اس کج خط کے ساتھ مختلف مقامات پر مختلف مماس یعنی ٹینجنٹ (Tangent) کھینچے جاتے ہیں جو OX کے ساتھ مختلف زاویوں پر ملتے ہیں - ان زاویوں کے (Tangent) ٹمپریچر θ کی مختلف قیمتوں کے مقابل میں $\frac{d\theta}{dt}$ کی قیمت کو ظاہر کرتے ہیں - اس کے بعد پہلے گراف یعنی سکونی تجربے (Static experiment) کے گراف میں ٹمپریچر θ کی مختلف قیمتوں کے مقابلے میں x کی قیمتیں معلوم کی جاتی ہیں اور آخر میں $\frac{d\theta}{dt}$ اور x کا ایک تیسرا گراف کھینچا جاتا ہے جس میں



OP کو x کے برابر لے کر P سے عمودی خط PQ کھینچا جاتا ہے جو $\frac{d\theta}{dt}$ اور x کے کج خط (Curve) کو Q پر ملتا ہے۔ اس کج خط کو اتنا بڑھایا جاتا ہے کہ وہ محور OX کے ساتھ B پر مل جاتا ہے۔ B وہ نقطہ ہے جہاں $\frac{d\theta}{dt}$ صفر ہوتا ہے اور اس لیے OB سلاخ AB کی لمبائی l کو ظاہر کرتا ہے، کیونکہ B پر پہنچ کر سلاخ کا ٹمپریچر ارد گرد کے ٹمپریچر کے برابر ہو جاتا ہے اور ان دونوں ٹمپریچروں کا فرق θ صفر ہو جاتا ہے جو $\frac{d\theta}{dt}$ کو بھی صفر کر دیتا ہے۔

اس گراف میں رقبہ QPB کو گراف پیپر (Graph paper) کی مدد سے ناپ لیا جاتا ہے جو

$$\int_{x}^{l} \frac{d\theta}{dt} dx$$

کی قیمت کو ظاہر کرتا ہے۔

زیر تجربہ سلاخ کی کثافت (Density) ρ اور اس کی حرارت مخصوصہ S (Specific heat) پہلے سے معلوم کی ہوتی ہے ۔ اس لیے کلیہ

$$K = \frac{\rho S \int_x^l \frac{d\theta}{dt}\, dx}{\frac{d\theta}{dx}}$$

میں جب پہلے تجربے کی مدد سے $\frac{d\theta}{dx}$ کی قیمت اور دوسرے تجربے کی مدد سے

$$\int_x^l \frac{d\theta}{dt}\, dx$$

کی قیمت معلوم ہو چکتی ہے تو حرارتی ایصالیت K کی قیمت نکال لی جاتی ہے ۔

اس تجربے کی خامیاں حسب ذیل ہیں :

۱ ۔ اس میں غیر معمولی لمبائی کی سلاخ استعمال کی جاتی ہے ۔ چنانچہ فورب (Forbe) نے اپنے تجربے میں لوہے کی 8 فٹ لمبی سلاخ کا استعمال کیا تھا ۔

۲ ۔ اتنی لمبی سلاخ میں برقرار حالت (Steady state) کا صحیح معنوں میں پیدا کرنا اور قائم رکھنا مشکل ہوتا ہے ۔

۳ ۔ سلاخ پر ٹمپریچر کی ڈھال (Temperature gradient) سکونی تجربے اور حرکتی تجربے میں فی الواقع ایک سی نہیں آتی حالانکہ کلیے میں آسے برابر رکھا جاتا ہے ۔

۴ ۔ سلاخ کی دھات کی حرارت مخصوصہ تمام ٹمپریچروں پر یکساں نہیں رہتی ۔

۵ - اس طریقے سے ٹمپریچر کے ساتھ K کی تبدیلی کی چھان بین نہیں ہو سکتی -

٦ - یہ ایک صبر آزما طریقہ ہے جس میں وقت بہت صرف ہوتا ہے - چنانچہ اس تجربے کو کرنے میں سات آٹھ گھنٹے صرف ہو جانا معمولی بات ہے -

۷ - اس طریقے سے حاصل کردہ نتائج صحیح نہیں ہوتے -

نوٹ - ان نقائص کے باعث یہ طریقہ اب محض تاریخی اہمیت کا حامل رہ گیا ہے جسے عملی طور پر شاذ ہی برتا جاتا ہے -

حرارتی نفوذیت (Thermal Diffusivity) کی پیمائش کرنا - فورب (Forbe) کے مذکورہ بالا تجربے کے مطابق

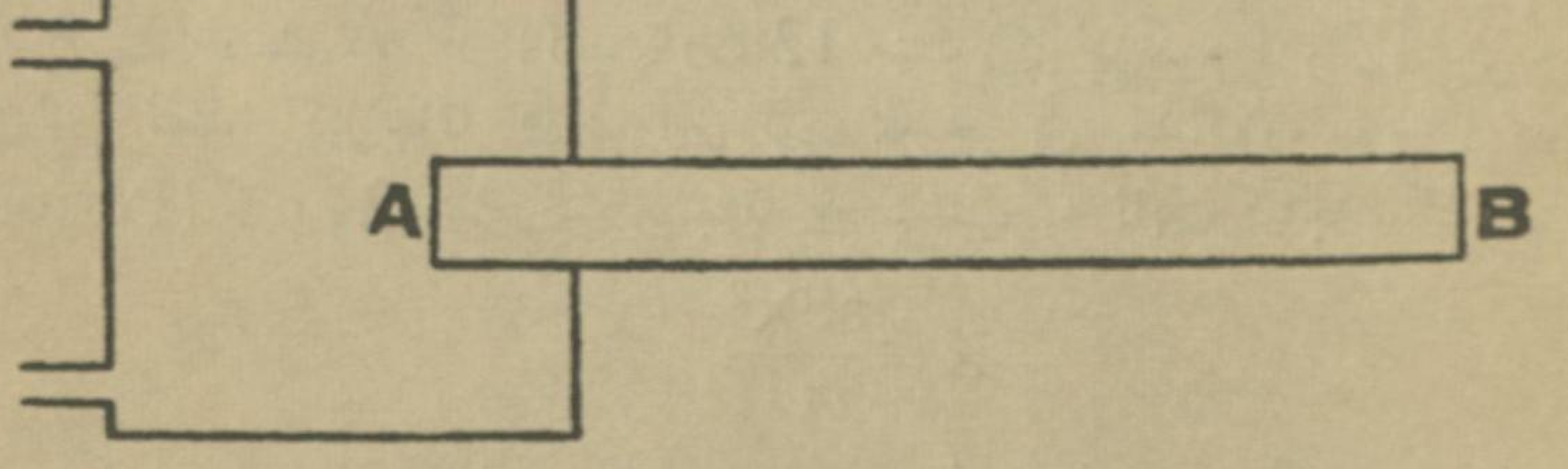
$$K = \frac{\rho S \int_{x}^{l} \frac{d\theta}{dt}\, dx}{\frac{d\theta}{dx}}$$

$$\therefore \quad \frac{K}{\rho S} = \frac{\int_{x}^{l} \frac{d\theta}{dt} dx}{\frac{d\theta}{dx}}$$

چونکہ $\frac{K}{\rho S}$ تعریف کے مطابق سلاخ کی دھات کی حرارتی نفوذیت (Thermal Diffusivity) ہے ، اس لیے اس تجربے سے حرارتی نفوذیت کی قیمت بھی معلوم ہو جاتی ہے -

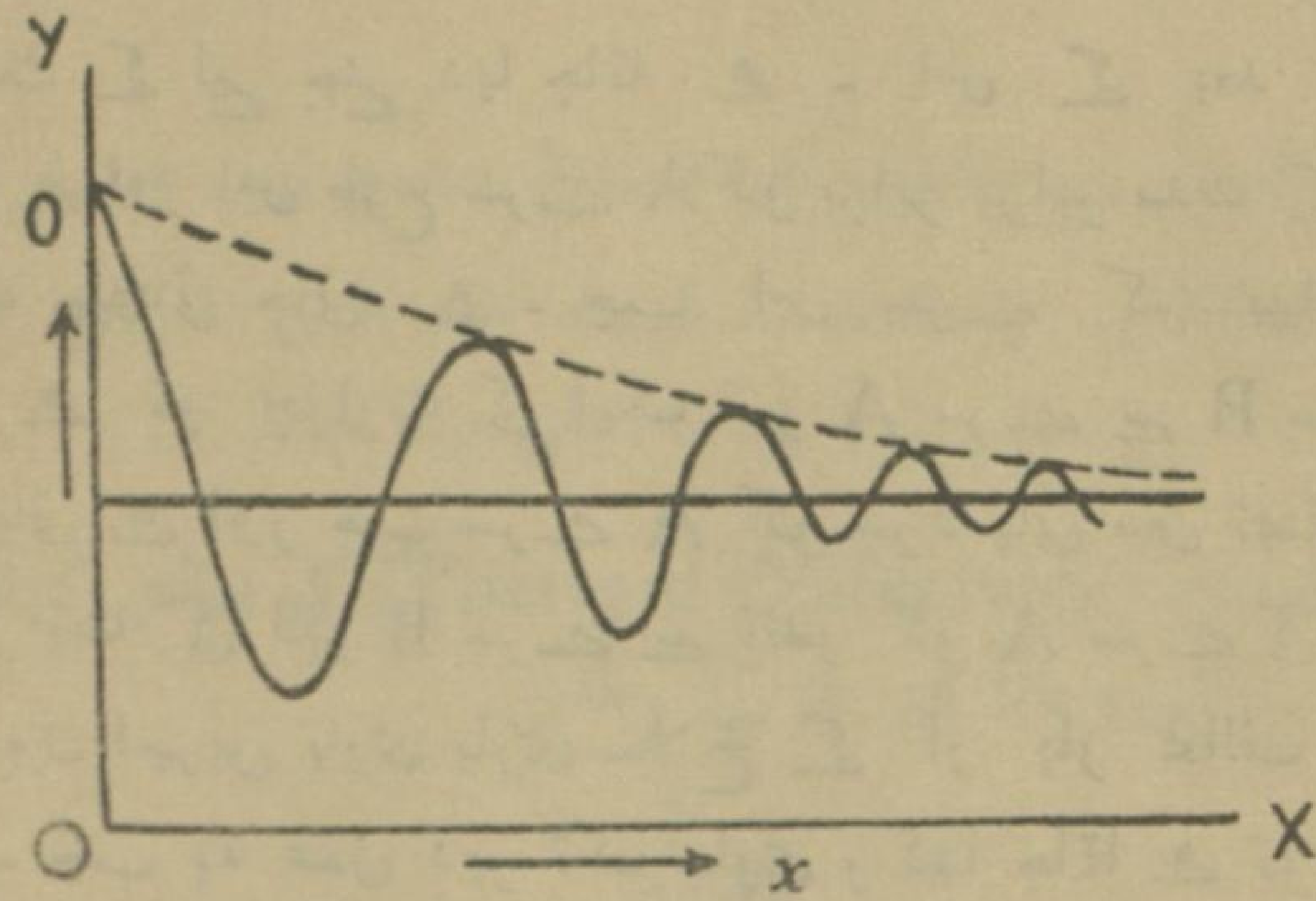
آنگ سٹرام کے طریقے (Angstrom's method) سے دھات کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا - اس طریقے میں دھات کی سلاخ AB کے

سرے A کو باری باری یکساں وقت کے لیے گرم اور ٹھنڈا کیا جاتا ہے۔ اس کی صورت یہ ہے کہ یہ سرا A ایک خانے یا چیمبر (Chamber) میں داخل کیا ہوتا ہے۔ اس چیمبر میں پہلے بھاپ ایک خاص مدت مثلاً 12 منٹ کے لیے گزاری جاتی ہے، پھر بھاپ کا گزارنا بند کر دیا جاتا ہے اور اس کی بجائے چیمبر یا خانے میں ٹھنڈا پانی اتنے ہی عرصے یعنی 12 منٹ کے لیے بہنے دیا جاتا ہے۔ اس کے بعد دوبارہ بھاپ گزاری جاتی ہے اور اس طرح سرے A کو برابر برابر مدت کے لیے حرارت اور ٹھنڈک پہنچائی جاتی ہے۔ جب اس سرے کو بھاپ میں گرم کیا جاتا ہے تو حرارت کی ایک لہر A سرے سے B سرے کی طرف باہر کو جاتی ہے اور جب سرے A کو سرد پانی میں ٹھنڈا کیا جاتا ہے تو حرارت کی لہر B سرے سے اندر کو A سرے کی طرف آتی ہے اور یہ دونوں لہریں باری باری سلاخ کے آر پار مخالف سمتوں میں چلتی ہیں۔ جب یہ عمل دیر تک جاری رکھا جاتا ہے تو اگرچہ سلاخ کے مختلف نقاط پر ٹمپریچر اونچا اور نیچا ہوتا رہتا ہے، لیکن ہر نقطے



پر ٹمپریچر کی ایک برقرار قیمت قائم ہو جاتی ہے۔ اسے سلاخ کی برقرار دوری حالت (Steady periodic state) کہا جاتا ہے۔ یہ حالت ذیل کے گراف سے ظاہر ہے جس میں سلاخ پر A سرے سے مختلف نقاط کے فاصلے x کو محور OX کے ساتھ اور ٹمپریچر θ کو محور OY کے ساتھ ظاہر کیا جاتا ہے۔ سلاخ پر ایک حرارتی برقی تھرمامیٹر یعنی تھرموالیکٹرک تھرمامیٹر کے حرارتی جفتے یعنی تھرمو کپل کے جوڑ یا جنکشن (Junction) کو پھرا پھرا کر ایک ایسے نقطے A پر لایا جاتا ہے جہاں اردگرد کے مقابلے میں ٹمپریچر زیادہ سے زیادہ

(Maximum) ہوتا ہے - اس کے بعد اسی جوڑ یا جنکشن کو سلاخ پر باہر کی طرف پھرا کر ایک اور نقطے B پر لایا جاتا ہے، جہاں بھی ارد گرد کے مقابلے میں ٹمپریچر زیادہ سے زیادہ ہوتا ہے - ہاں یہ ضرور ہے کہ B نقطے کا زیادہ سے زیادہ ٹمپریچر A نقطے کے زیادہ سے زیادہ ٹمپریچر سے کم ہوتا ہے ، جیسا کہ شکل میں ظاہر ہے - AB فاصلے کو



ناپ لیا جاتا ہے- یہ فاصلہ ٹمپریچر کی موج (Temperature wave) کے، جو سلاخ میں چل رہی ہوتی ہے ، طول λ کے برابر ہوتا ہے - چونکہ سلاخ کے سرے A کو باری باری 12 منٹ کے لیے گرم اور 12 ہی منٹ کے لیے ٹھنڈا کیا جاتا ہے ، اس لیے ٹمپریچر کی مذکورہ موج کا پیریڈ (Period) T ، 24 منٹ کا ہو جاتا ہے - تب یہ ثابت کیاجا سکتا ہے کہ

$$K=\frac{\rho S\lambda^2}{4\pi T}$$

جب کہ دھات کی کثافت ρ اور اس کی حرارت مخصوصہ S ہو -

دھاتوں کی حرارتی ایصالیت - ذیل کے نقشے میں مشہور دھاتوں کی حرارتی ایصالیت کی قیمتیں دی گئی ہیں -

دھاتیں	K	دھاتیں	K
چاندی	0·974	فولاد	0·113
تانبا	0·918	سیسہ	0·083
الومینیم	0·504	پارہ	0·020
پیتل	0·260		

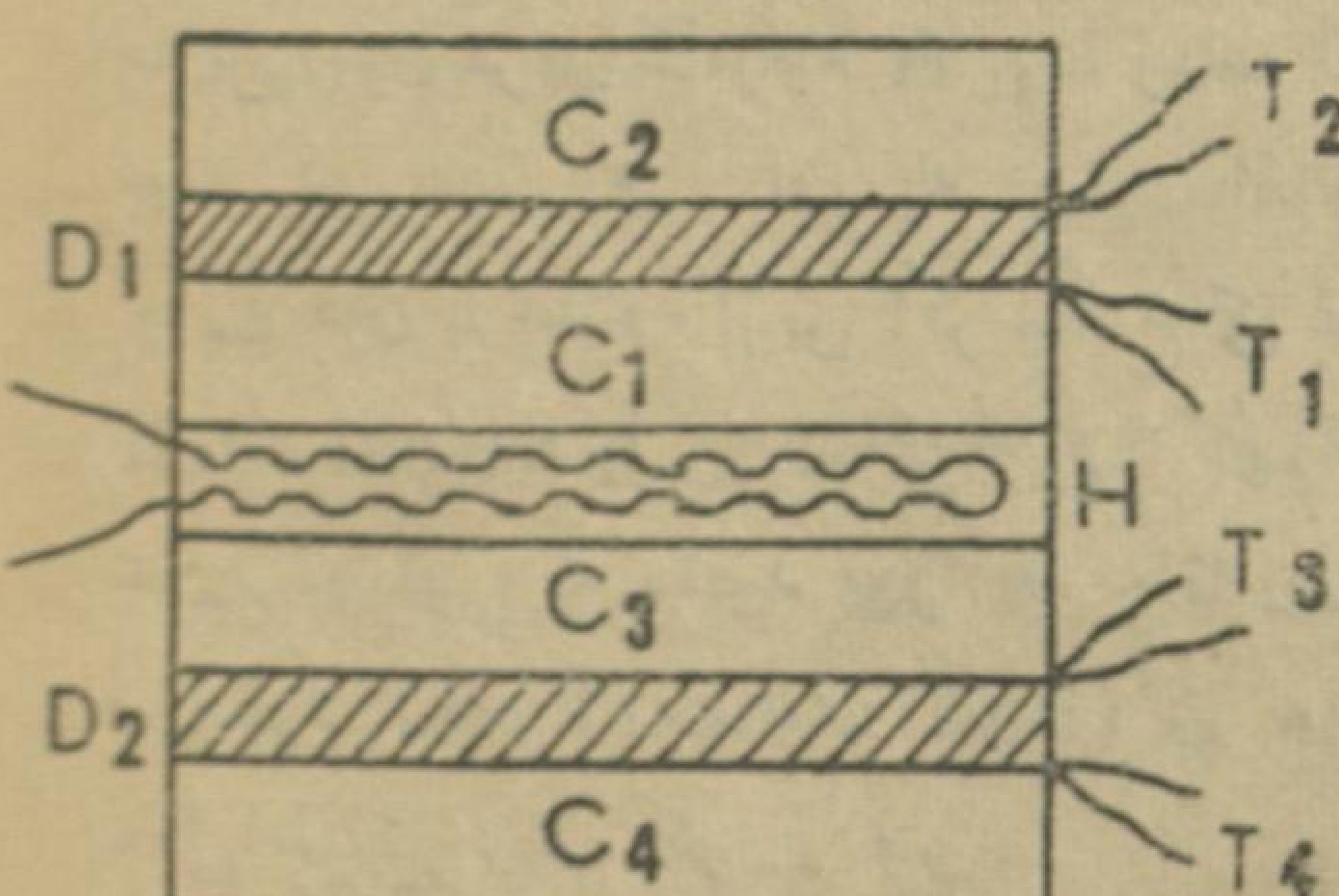
ناقص موصلوں کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا۔ غیر دھاتی اشیا، مثلاً شیشہ ربڑ، آبنوس، کارک، گتا وغیرہ حرارت کے ناقص موصل (Bad conductors) ھیں۔ اس لیے ان کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivirty) بہت کم ہوتی ہے۔ اگر ان اشیا کو سلاخوں کی صورت میں لے کر اوپر کے تجربوں کو (جو دھات کی سلاخوں کے لیے برتے جاتے ھیں) دھرایا جائے تو K کی قیمت کے نہایت کم ہونے کے باعث ان سلاخوں میں سے حرارت کا بہاؤ اتنا تھوڑا ھوتا ھے کہ اسے آسانی سے ناپا نہیں جا سکتا۔ چونکہ حرارتی ایصالیت کے کلیہ کے مطابق

$$Q = \frac{KA(\theta_1 - \theta_2)t}{l}$$

اس سے ظاھر ھے کہ حرارت Q رقبہ A کے براہ راست متناسب اور لمبائی l کے بالعکس متناسب ھوتی ھے۔ اس لیے اگر رقبہ A کو زیادہ کر دیا جائے اور موٹائی l کو گھٹا دیا جائے تو پھر K کے قلیل ھونے کے باوجود بھی حرارت Q کی قیمت کافی اور قابل پیمائش بن جاتی ھے۔ رقبہ A کو بڑھانے اور موٹائی l کو گھٹانے کا طریقہ یہ ھے کہ سلاخ کی بجائے ایک قرص (Disc) میں حرارت کو بہنے دیا جائے۔ سلاخ کے مقابلے میں قرص کا رقبہ A بہت زیادہ اور اس کی لمبائی (یعنی موٹائی) l بہت کم ھوتی ھے۔ اور یہ دونوں امور Q کو بڑھانے کا باعث بن جاتے ھیں۔ علاوہ ازیں اگر سلاخ کی بجائے ایک کروی خول (Spheri-cal shell) یا بڑے سائز کے کھوکھلے سلنڈر کو کام میں لایا جائے تو بھی یہ مقصد پورا ھو جاتا ھے۔ اس تمہید کے بعد اب ھم ناقص موصلوں (Bad conductors) کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنے کے عملی طریقے بیان کرتے ھیں۔

لیز کے قرص کے طریقے (Lees' Disc method) سے ناقص موصل شے کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا۔ دی ھوئی ناقص موصل شے (مثلاً آبنوس یا گتے وغیرہ) کے بنے ھوئے دو قرص (Discs) D_1 اور D_2 ایسے لیے جاتے ھیں جن کا قطر قریباً 10 سنٹی میٹر اور جن کی موٹائی

قریباً 2 ملی میٹر (یعنی 0·2 سنٹی میٹر) ہوتی ہے - ان میں سے قرص D_1 کو تانبے کی دو گول پلیٹوں C_1 اور C_2 کے درمیان اور قرص D_2 کو تانبے کی دو گول پلیٹوں C_3 اور C_4 کے درمیان اچھی طرح دبا کر رکھا جاتا ہے - قرص اور تانبے کی پلیٹوں کے درمیان گہرا حرارتی رابطہ قائم کرنے کے لیے ان کی ملانے والی سطحوں پر تھوڑی سی گلیسرین (Gly-cerine) مل دی جاتی ہے - زیر تجربہ قرصوں D_1 اور D_2 کو تانبے کی دو دو پلیٹوں کے درمیان دبا کر رکھنے کا مقصد یہ ہے کہ ان قرصوں کے درمیان حرارت کا بہاؤ باقاعدہ ہو جائے ورنہ اگر تانبے گی یہ پلیٹیں نہ ہوں اور حرارت کو قرص D_1 یا D_2 میں سے براہ راست بہنے دیا جائے تو قرصوں کے ناقص موصل (Bad conductor) ہونے کے باعث حرارت کا یہ بہاؤ بہت بے قاعدہ ہوتا ہے البتہ جب تانبے کی پلیٹیں قرصوں کو اپنے اندر دبا لیتی ہیں تو تانبے کے عمدہ موصل (Good conductor) ہونے کے باعث حرارت قرصوں میں باقاعدگی اور یکسانیت کے ساتھ بہنے لگتی ہے - علاوہ ازیں تانبے کی ان پلیٹوں سے قرص کی اوپر اور نیچے کی سطحوں کے ٹمپریچر ناپنے میں بھی مدد ملتی ہے - اس کی صورت یہ ہے کہ پلیٹ C_1 کی اوپر کی سطح اور پلیٹ C_2 کی نیچے کی سطح کے ساتھ (جو قرص D_1 کی سطحوں کے ساتھ مس کیے ہوتی ہیں) ایک ایک حرارتی جفتہ یعنی تھرمو کپل T_1 (Thermo-couple) اور T_2 جوڑ دیا جاتا ہے جو حرارتی برق تھرمامیٹر یعنی تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹروں (Thermo-electric thermometer) کے ذریعے تانبے کی پلیٹوں اور ان کے ساتھ لگے ہوئے قرص کی سطحوں کے ٹمپریچر کو ناپنے میں مدد دیتے ہیں- تھرمو کپل (Thermo-couples) T_3 اور T_4 کے ذریعے بالکل اسی طرح کا انتظام قرص D_2 کی سطحوں کا ٹمپریچر ناپنے کے لیے بھی کیا



ھوا ھوتا ھے - تانبے کی پلیٹ C_1 اور پلیٹ C_3 کے درمیان میں ایک لچھا یا کوائل (Coil) H داخل کر دیا جاتا ھے جس میں برق رو گزارنے سے حرارت پیدا کی جا سکتی ھے -

تجربہ کرنے کے لیے اس کوائل H کو ایک بیٹری کے ساتھ جوڑ دیا جاتا ھے جس کے سر کٹ (Circuit) میں ایک ایم میٹر (Ammeter) A ایک سلسلے میں (In series) لگا ھوتا ھے - کوائل H کے آر پار ایک وولٹ میٹر (Volt meter) V بھی متوازی طریقے سے لگا دیا جاتا ھے -

تجربہ کرتے وقت کوائل H میں برق رو گزاری جاتی ھے جس کی قیمت I ایمپیئر (Amperes) میں ایم میٹر کو پڑھ کر معلوم کر لی جاتی ھے - اس کے ساتھ ھی وولٹ میٹر کے ذریعے کوائل H کے آر پار عمل کرنے والا پوٹانشل (Potential) کا فرق E بھی معلوم کر لیا جاتا ھے- برق رو کے گزرنے سے کوائل میں حرارت پیدا ھوتی ھے اور یہ حرارت تانبے کی پلیٹوں میں سے ھوتی ھوئی قرص D_1 اور قرص D_2 میں سے بہتی ھے جس سے تھرمامیٹروں کے درجے رفتہ رفتہ آونچے ھوتے جاتے ھیں - کچھ عرصے کے بعد برقرار حالت (Steady state) قائم ھو جاتی ھے اور تمام تھرمامیٹر T_1 ، T_2 ، T_3 ، اور T_4 بالترتیب اپنے اپنے ٹمپریچروں θ_1 ، θ_2 ، θ_3 ، θ_4 پر پہنچ کر برقرار ھو جاتے ھیں - اس حالت میں جتنی حرارت قرص D_1 اور قرص D_2 میں گزرتی ھے اتنی ھی تانبے کی پلیٹوں میں سے اشعاع (Radiation) کے ذریعے ضائع ھو جاتی ھے -جس کے باعث ان قرصوں کی سطحوں کے ٹمپریچر اپنی اپنی قیمت پر قائم رھتے ھیں ، اس برقرار قیمت سے اوپر بڑھنے نہیں پاتے - اب اگر حرارتی ایصالیت کے عام کلیے

$$Q=K\frac{A(\theta_1-\theta_2)\,t}{l}$$

کے مطابق وقت t میں قرص D_1 میں سے گزرنے والی حرارت Q_1 ھو تو

$$Q_1=\frac{KA(\theta_1-\theta_2)t}{x_1}$$

جب کہ قرص کا رقبہ A ، اس کی موٹائی x_1 اور اس کی حرارتی ایصالیت K ہو - اسی طرح اگر وقت t میں قرص D_2 میں سے گزرنے والی حرارت Q_2 ہو تو

$$Q_2=\frac{KA(\theta_3-\theta_4)\,t}{x_2}$$

جب کہ اس قرص کی موٹائی x_2 ہو -

$$\because \qquad Q=Q_1+Q_2$$

$$\therefore \qquad Q=\frac{KA(\theta_1-\theta_2)t}{x_1}+\frac{KA(\theta_3-\theta_4)t}{x_2}$$

$$=KA\left\{\frac{(\theta_1-\theta_2)}{x_1}+\frac{(\theta_3-\theta_4)}{x_2}\right\}\times t$$

چونکہ یہ حرارت Q برق رو کے کوائل میں سے گزرنے سے پیدا ہوتی ہے ، اس لیے

$$Q=\frac{EIt}{J}$$

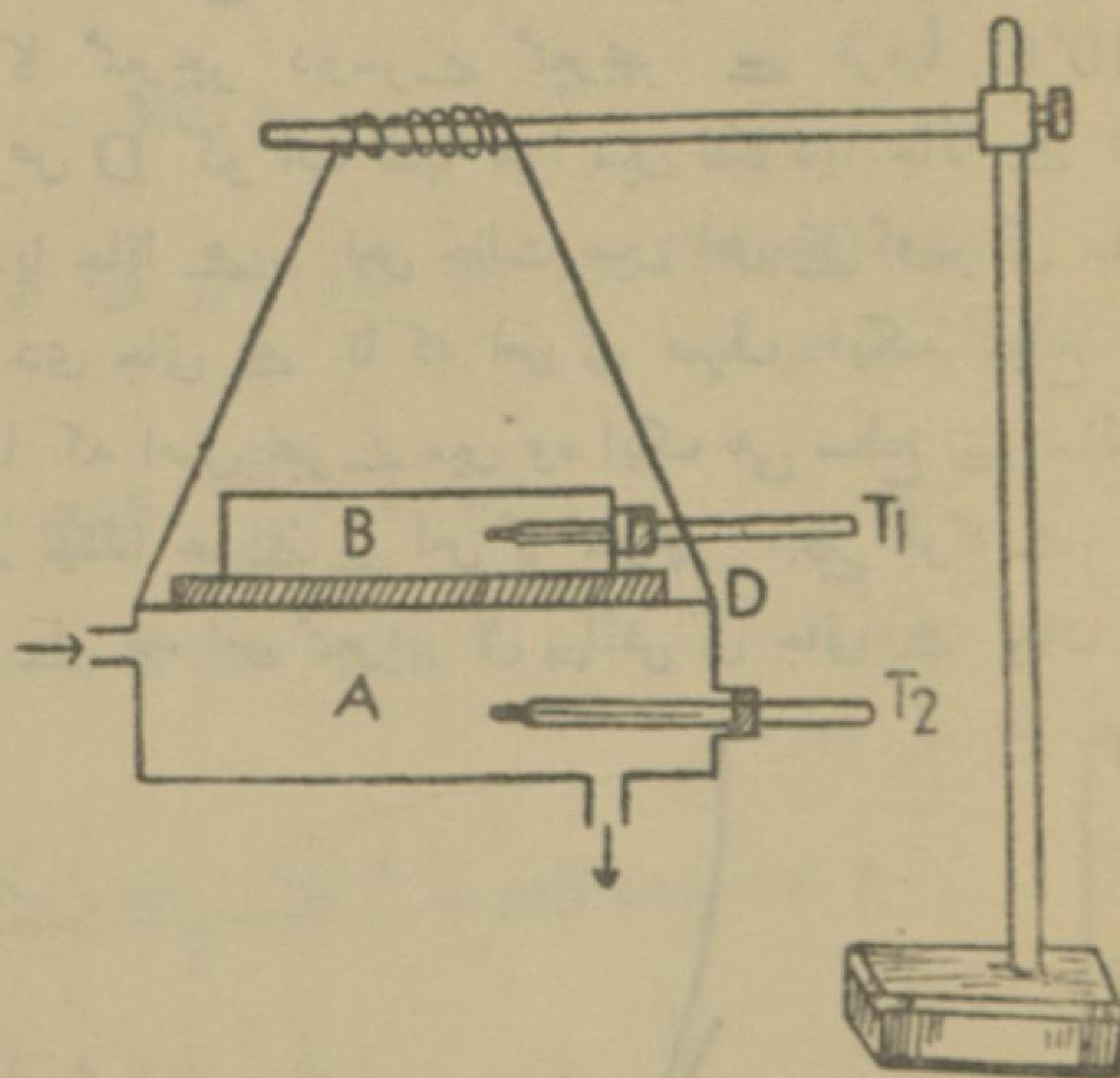
$$\therefore \qquad \frac{EIt}{J}=KA\left\{\frac{(\theta_1-\theta_2)}{x_1}+\frac{(\theta_3-\theta_4)}{x_2}\right\}t$$

$$\therefore \qquad \frac{EI}{J}=KA\left\{\frac{(\theta_1-\theta_2)}{x_1}+\frac{(\theta_3-\theta_4)}{x_2}\right\}$$

اس مساوات میں J کی قیمت 4·2 جاؤل لی جاتی ہے - اور K کے سوا باقی تمام مقداریں تجربے سے معلوم کر لی جاتی ہیں ، اس لیے مطلوبہ حرارتی ایصالیت K کی قیمت نکالی جا سکتی ہے -

لیز (Lees) اور چارلٹن (Charlton) کے طریقے سے ناقص موصل شے کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا - اس طریقے میں دی ہوئی ناقص موصل شے کے قرص (Disc) D کو بھاپ کے ایک چیمبر کے اوپر کے ڈھکنے پر اور پیتل کے ایک سلنڈر B کو اس قرص کے اوپر رکھ دیا جاتا ہے

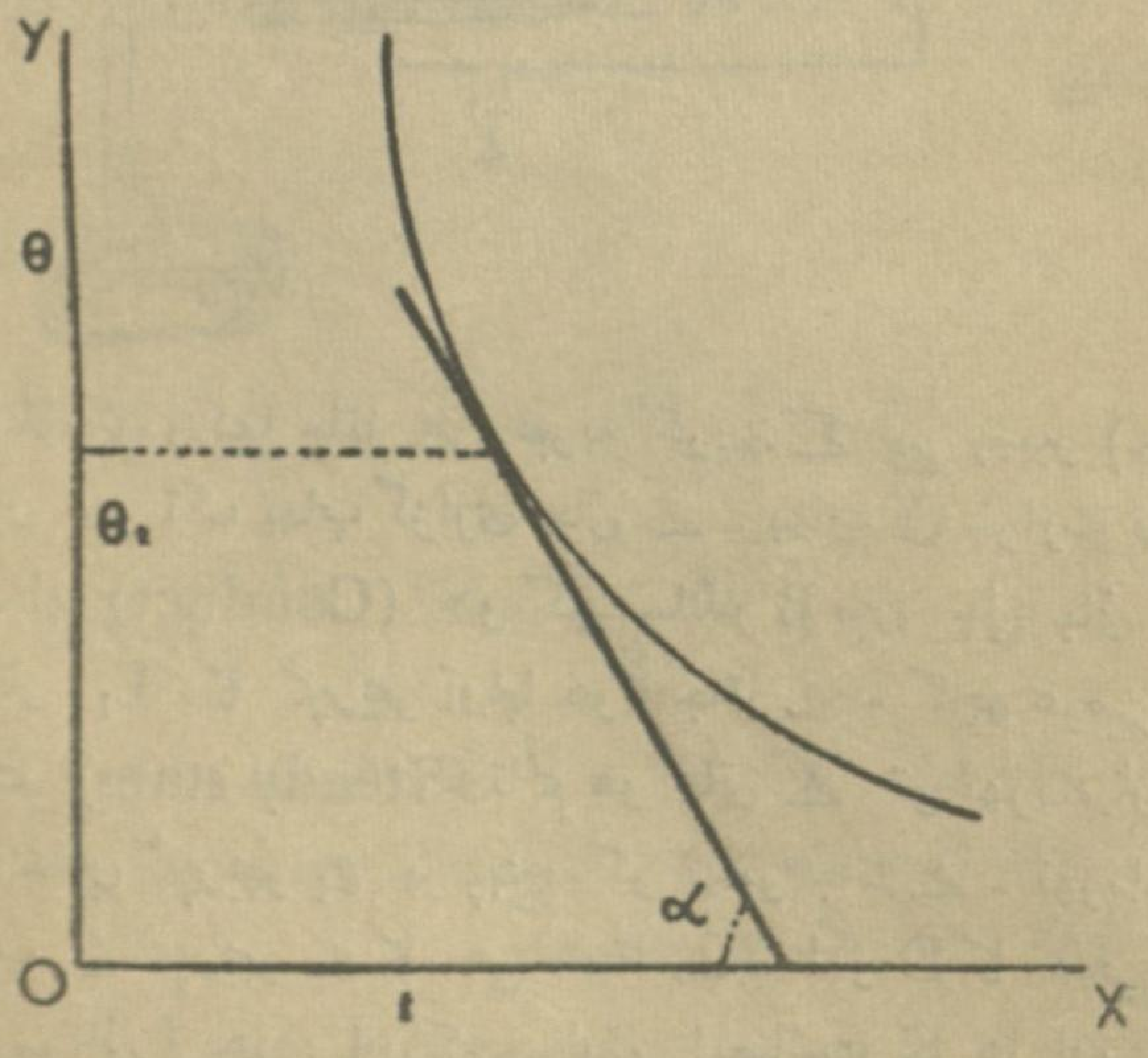
جس کے باعث قرص D سلنڈر B اور چیمبر A کے درمیان دبا رہتا ہے۔ بھاپ کے چیمبر A اور پیتل کے سلنڈر B کے پہلوؤں میں تھرمامیٹر T_2 اور T_1 لگا دیے جاتے ہیں تا کہ تجربے کے دوران میں ان کے ذریعے بھاپ کا اور سلنڈر کا ٹمپریچر معلوم کیا جا سکے۔ یہ پورا آلہ ایک سٹینڈ



کے ذریعے لٹکا کر رکھا جاتا ہے۔ تجربہ کرنے کے لیے چیمبر (Cham-ber) A میں دیر تک بھاپ گزاری جاتی ہے۔ بھاپ کی حرارت قرص D میں سے ایصال (Conduct) ہو کر سلنڈر B میں چلی جاتی ہے جس سے تھرمامیٹر T_1 کا ٹمپریچر اونچا ہوتا جاتا ہے۔ کچھ عرصے کے بعد برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے تو تھرمامیٹر T_1 کا درجہ ایک خاص ٹمپریچر θ_1 پر پہنچ کر ٹھہر جاتا ہے۔ تھرمامیٹر T_2 کا درجہ بھاپ کے ٹمپریچر θ_2 کا ہی ہوتا ہے۔ اگر D کا سطحی رقبہ A ہو، اس کی موٹائی l ہو، اس کی حرارتی ایصالیت K ہو اور t سیکنڈ میں حرارت Q اس میں سے گزر کر سلنڈر B کو جا رہی ہو تو حرارتی ایصالیت کے کلیے کے مطابق

$$Q=\frac{KA\,(\theta_2-\theta_1)\;t}{l} \quad \dots\dots\dots\dots\dots \;(i)$$

چونکہ برقرار حالت قائم ہو چکی ہے ، اس لیے اتنی ہی حرارت سلنڈر B ہر t سیکنڈ میں ضائع بھی ہوتی جاتی ہے - اس ضائع شدہ حرارت کا جو Q ہی ہے ، حساب لگانے کے لیے ایک علیحدہ تجربہ کیا جاتا ہے - یعنی قرص D کو الگ کر کے اسے بھاپ کے خانے میں لٹکا دیا جاتا ہے اور اس طرح سے اس کو حرارت پہنچائی جاتی ہے - یہاں تک کہ اس کا ٹمپریچر دوسرے ٹمپریچر سے قریباً 10°C اونچا ہو جاتا ہے - قرص D کو اب تنہا ہوا میں لٹکا دیا جاتا ہے اور اس کو ٹھنڈا ہونے دیا جاتا ہے - اس حالت میں اس کے اوپر کی سطح پر فیلٹ (Felt) رکھ دی جاتی ہے تاکہ اس کی صرف ایک سطح سے حرارت ضائع ہو جیسا کہ اصل تجربے میں وہ ایک ہی سطح سے ضائع ہوتی ہے - جب قرص کے ٹھنڈا ہونے سے اس کا ٹمپریچر نیچے گرتا ہے تو تھوڑے تھوڑے وقت کے بعد اس ٹمپریچر کی پیمائش کی جاتی ہے یہاں تک کہ وہ



ارد گرد کے عام ٹمپریچر تک ٹھنڈا ہو جاتا ہے - اب ان پیمائشوں کی مدد سے وقت اور ٹمپریچر کا گراف کھینچا جاتا ہے جس میں وقت t کو محور OX کے ساتھ اور ٹمپریچر θ کو محور OY کے ساتھ ظاہر کیا جاتا ہے - اس طور سے جو ٹھنڈک کا کج خط (Cooling curve) حاصل ہوتا

ہے اس میں ٹمپریچر θ_1 کے مقابل میں نقطہ لے کر اس نقطے پر سے اس کج خط (Curve) کے ساتھ ایک مماس یعنی ٹینجنٹ (Tangent) کھینچ دیا جاتا ہے جو خط OX کے ساتھ زاویہ α بناتا ہے۔ تب اگر قرص کے ٹھنڈا ہونے کی شرح $\frac{d\theta}{dt}$ ہو تو

$$\frac{d\theta}{dt} = \tan\alpha$$

اگر قرص کی کمیت m (Mass) ہو اور اس کی حرارت مخصوصہ S (Specific heat) ہو تو

$$Q = m\,S\,\frac{d\theta}{dt} \times t$$

یا $$Q = m\,S \tan\alpha \times t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (ii)$$

مساوات (i) اور (ii) سے

$$\frac{KA\,(\theta_1 - \theta_2)\,t}{l} = mS \tan\alpha \times t$$

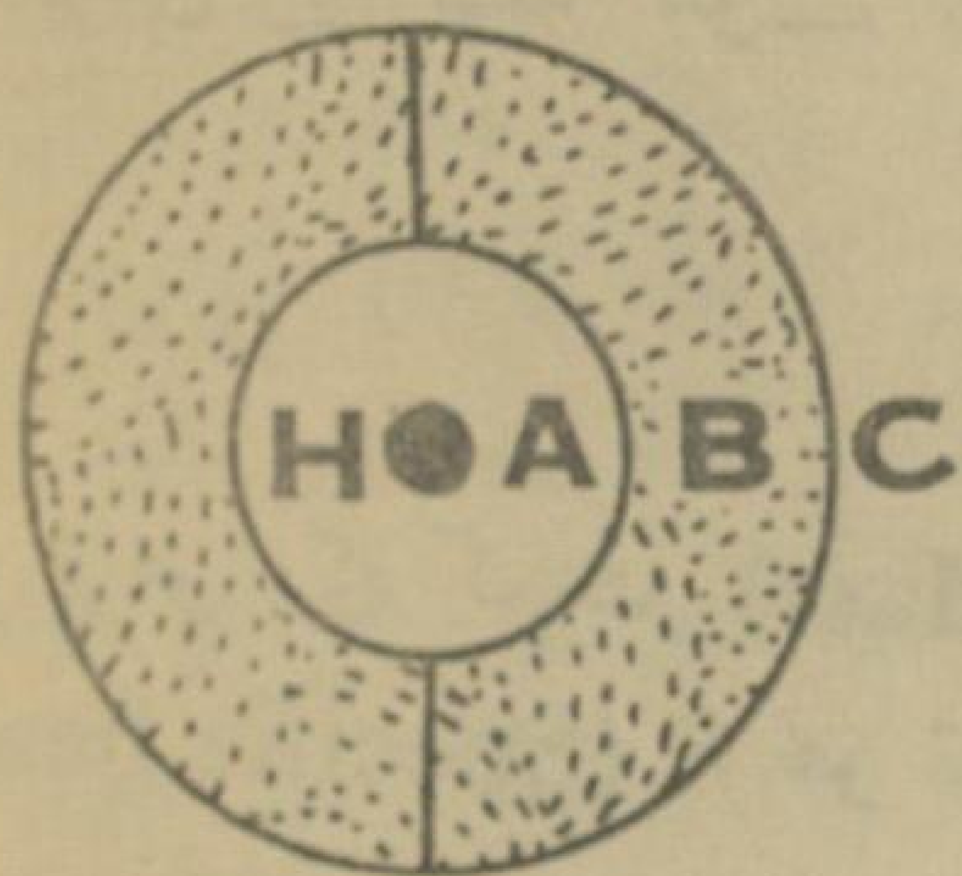
یا $$\frac{KA\,(\theta_1 - \theta_2)}{l} = mS \tan\alpha$$

$$\therefore\ K = \frac{m\,S\,l \tan\alpha}{A\,(\theta_1 - \theta_2)}$$

اس کلیے میں چونکہ دائیں ہاتھ کی تمام مقداریں تجربے سے معلوم کی جا چکی ہیں اس لیے مطلوبہ حرارتی ایصالیت (Thermal Conductivity) K کی قیمت نکال لی جاتی ہے۔

نسل کے طریقے (Nusselt's method) سے ناقص موصل شے کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا ۔ اس طریقے میں ایک کروی خول (Spherical Sphere) کو کام میں لایا جاتا ہے ، اس لیے یہ نسل کا کروی خول کا طریقہ (Nusselt's spherical shell method) کہلاتا ہے۔ اسے سب سے پہلے ایک سائنس دان ، نسل (Nusselts) نے 1908ء میں

استعمال کیا تھا - یہ طریقہ خاص طور پر ایسی اشیا کے لیے موزوں ہے جو کوئلہ ، مٹی ، ریت ، کارک ، اسبسطوس وغیرہ کی طرح باریک ذروں یا سفوف کی صورت میں پائی جاتی ہیں - اس کے آلے میں بیرونی طرف قانبے کا ایک کھوکھلا کرہ (Sphere) ہے جس کا قطر قریباً ایک فٹ ہوتا ہے - اس کے اندر الومینیم کا ایک اور ہم مرکز کھوکھلا کرہ ہے جس کا قطر پہلے کرے سے آدھا یعنی قریباً نصف فٹ ہوتا ہے - یہ دونوں کرے دو برابر



حصوں میں یعنی دو نیم کروں میں کاٹے ہوئے ہوتے ہیں جنھیں حسب ضرورت الگ الگ کیا جا سکتا ہے یا باہم جوڑ کر ایک مکمل کرہ بنایا جا سکتا ہے - دونوں کروں کے درمیان کی جگہ B میں دی ہوئی شے جو چھوٹے چھوٹے ذروں یا سفوف کی شکل میں ہوتی ہے ، کوٹ کوٹ کر بھر دی جاتی ہے - اندرونی کرے A کے مرکز میں ایک کروی (Spherical) شکل کا برق ہیٹر (Electric heater) رکھ دیا جاتا ہے جس میں برق رو گزارنے سے حرارت پیدا کی جا سکتی ہے - دی ہوئی شے کے اندر دو مختلف مقامات پر جس کا فاصلہ مرکز سے r_1 اور r_2 ہوتا ہے ، حرارتی جفتے یعنی تھرموکپل (Thermo couples) رکھ کر حرارتی برقی تھرمامیٹروں (Thermo - Electric thermometers) کی مدد سے وہاں کے ٹمپریچر پڑھے جانے کا انتظام کر لیا جاتا ہے - تجربہ کرنے کے لیے برق ہیٹر (Electric heater) میں برق رو I (ایمپیئر) گزاری جاتی ہے جب کہ اس ہیٹر (Heater) کے آرپار پوٹانشیل (Potential) کا فرق E وولٹ ہوتا ہے - (I اور E ایم میٹر اور وولٹ میٹر سے معلوم کیے جاتے ہیں جو سرکٹ میں مناسب طریقے سے لگے ہوتے ہیں) - ہیٹر میں برق رو گزارنے سے حرارت پیدا ہوتی ہے اور یہ حرارت A سے C کی طرف آتی ہوئی B میں سے گزرتی ہے -

اس وقت B کے اندر r_1 اور r_2 فاصلوں پر ٹمپریچر θ_1 اور θ_2 کی پیمائش کر لی جاتی ھے - تب جیسا پہلے ثابت کیا جا چکا ھے ، اگر r_1 نصف قطر کے خول سے r_2 نصف قطر کے خول کی طرف جانے والی حرارت (فی سیکنڈ) Q ھو تو

$$Q = \frac{4\pi K(\theta_1 - \theta_2) r_1 r_2}{r_2 - r_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (i)$$

یہ Q اس حرارت کے برابر ھے جو ھیٹر (Heater) میں فی سیکنڈ پیدا ھو رھی ھے -

$$\therefore \quad Q = \frac{EI}{J} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (ii)$$

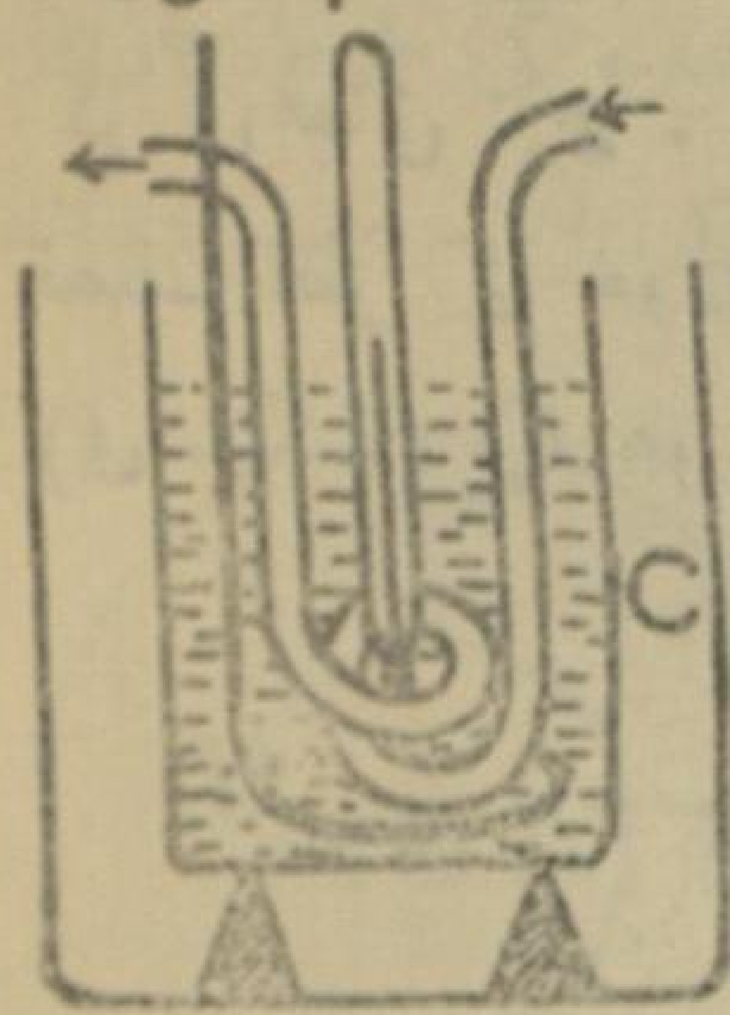
مساوات (i) اور (ii) سے

$$\frac{4\pi K(\theta_1 - \theta_2) r_1 r_2}{r_2 - r_1} = \frac{EI}{J}$$

$$\therefore \; K = \frac{EI(r_2 - r_1)}{4\pi J(\theta_1 - \theta_2) r_1 r_2}$$

چونکہ اس مساوات میں دائیں طرف کی تمام مقداریں تجربے سے معلوم کر لی گئی ھیں ، اس لیے K کی قیمت نکالی جا سکتی ھے -

ربڑ کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا - ربڑ کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) معلوم کرنے کا یہ طریقہ سلنڈری نلی کی دیوار میں حرارت کے بہاؤ کے اصول پر مبنی ھے جس کی تفصیل پہلے گزر چکی ھے - چنانچہ اس طریقے میں ربڑ کی ایک نلی ھی سے کام لیا جاتا ھے - ربڑ کی یہ نلی جس کی لمبائی l ھوتی ھے ، درمیان سے بل دے کر ایک کلوری میٹر (Calorimeter) میں رکھ دی جاتی ھے جس میں پانی بھرا ھوتا ھے - چنانچہ یہ نلی قریباً تمام کی تمام اس پانی



میں ڈوبی رہتی ہے صرف اس کے دونوں کھلے سرے پانی سے باہر ہوتے ہیں ۔ اس نلی کے ایک کھلے سرے میں سے بھاپ داخل کی جاتی ہے جو اس کی تمام لمبائی میں سے گزر کر دوسرے سرے میں سے نکلتی جاتی ہے ۔ کلوری میٹر کے پانی کو ایک ہلانی (Stirrer) S سے وقتاً وقتاً ہلاتے رہتے ہیں جس سے پانی کا ٹمپریچر یکساں شرح سے اوپر بڑھتا ہے ۔ کلوری میٹر میں ایک حساس تھرمامیٹر t بھی پڑا ہوتا ہے جس سے پانی کا ٹمپریچر ناپا جاتا ہے ۔ جب ربڑ کی نلی میں سے بھاپ متواتر گزرتی ہے تو اس نلی کی اندرونی سطح کا ٹمپریچر θ_3 ہو جاتا ہے جو بھاپ کا ٹمپریچر ہے ۔ بھاپ کی حرارت نلی کی دیوار میں سے ایصال (Conduct) ہو کر باہر نکلتی ہے اور پانی میں شامل ہو جاتی ہے جس سے پانی کا ٹمپریچر بڑھتا ہے ، یہاں تک کہ یہ ٹمپریچر پانی کے ابتدائی ٹمپریچر سے بقدر 10°C اونچا ہو جاتا ہے ۔ تھرمامیٹر کے ذریعے پانی کا یہ ابتدائی ٹمپریچر θ_1 اور آخری ٹمپریچر θ_2 دونوں ناپ لیے جاتے ہیں اور وقت t بھی معلوم کر لیا جاتا ہے جس میں بھاپ نلی میں سے گزاری جاتی ہے ۔ ربڑ کی نلی کے اندرونی اور بیرونی قطروں کی بھی پیمائش کی جاتی ہے ۔ اس کا ایک عام طریقہ یہ ہے کہ نلی کے سرے کو ہموار کاٹ کر اس پر سیاہی مل دی جاتی ہے اور پھر کاغذ پر اس کا ایک نقش اسی طرح لے لیا جاتا ہے جیسے کاغذ پر مہر لگائی جاتی ہے ۔ اس نقش پر دونوں قطروں کی پیمائش کی جاتی ہے اور پھر ان قطروں کو 2 پر تقسیم کر کے اندرونی نصف قطر r_1 اور بیرونی نصف قطر r_2 معلوم کر لیے جاتے ہیں ۔ اگر ربڑ کی نلی میں سے حرارت Q ایک سیکنڈ میں بہتی ہو تو جیسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ہے

$$Q \log \frac{r_2}{r_1} = 2\pi K l (\theta'_1 - \theta'_2)$$

اس کلیے میں θ'_1 اوپر کا ٹمپریچر ہے جو اس تجربے میں بھاپ کا ٹمپریچر

ہے اور ربڑ کی نلی کی اندرونی سطح کا ٹمپریچر θ_3 ہے - اس کلیے میں θ'_2 نیچے کا ٹمپریچر ہے جو پانی کے اوسط ٹمپریچر کے برابر ہے - چونکہ پانی کا ابتدائی ٹمپریچر θ_1 اور آخری ٹمپریچر θ_2 ہے، اس لیے یہ اوسط ٹمپریچر $\frac{\theta_1+\theta_2}{2}$ ہے - پس اوپر کے کلیے میں θ'_1 کی جگہ θ_3 اور θ'_2 کی جگہ $\frac{\theta_1+\theta_2}{2}$ لکھنے سے

$$Q=\frac{2\pi K l\left[\theta_3-\frac{\theta_1+\theta_2}{2}\right]}{\log \frac{r_2}{r_1}}$$

جب کہ Q وہ حرارت ہے جو ایک سیکنڈ میں نلی کی دیواروں میں سے گزر کر پانی میں داخل ہوتی ہے -

اگر بھاپ کو t سیکنڈ تک گزارا جائے تو وقت t میں پانی کو ملنے والی حرارت

$$=(m+w)(\theta_2-\theta_1)$$

جب کہ m پانی کی کمیت (Mass) اور w کلوری میٹر کا آب مساوی (Water equivalent) ہے - اس لیے پانی کو ملنے والی حرارت فی سیکنڈ

$$=\frac{(m+w)(\theta_2-\theta_1)}{t}$$

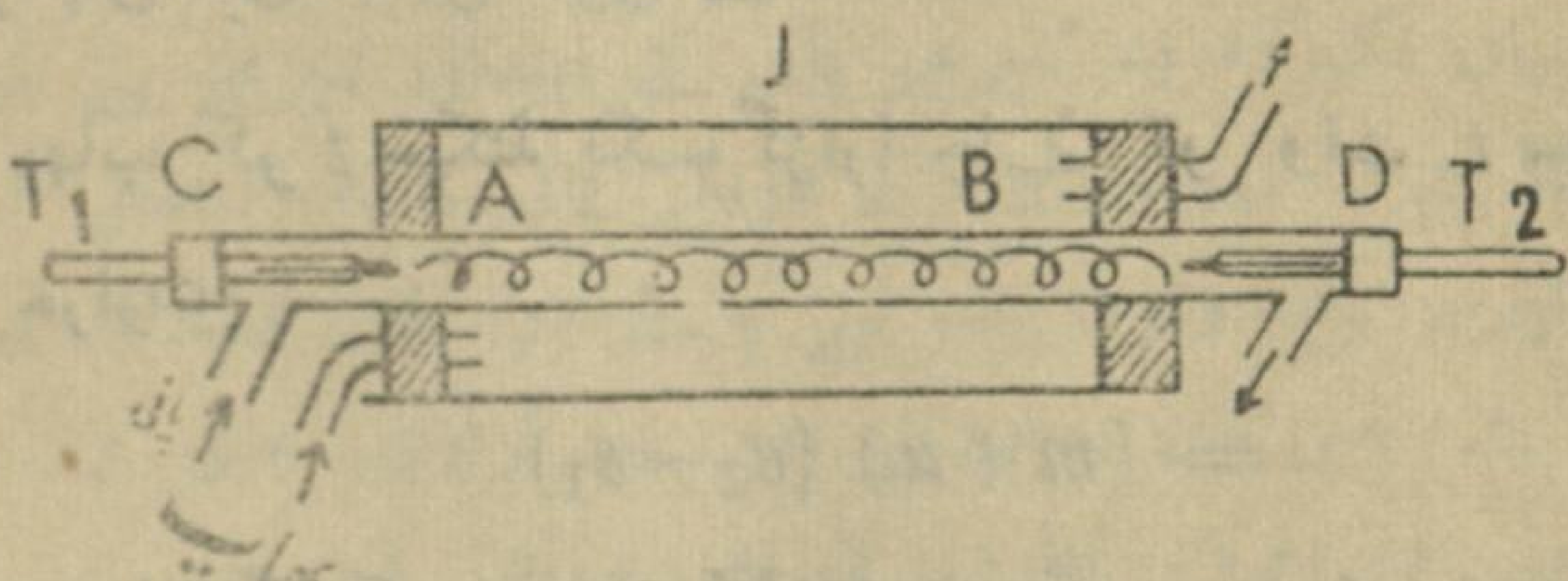
یہی حرارت Q کے برابر ہے ، اس لیے

$$Q=\frac{2\pi K l\left[\theta_3-\frac{\theta_1+\theta_2}{2}\right]}{\log \frac{r_2}{r_1}}=\frac{(m+w)(\theta_2-\theta_1)}{t}$$

$$\therefore K = \frac{(m+w)\,(\theta_1 - \theta_2)\,\log \frac{r_2}{r_1}}{2\pi\, l\, t \left[\theta_3 - \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right]}$$

چونکہ اس تجربے میں دائیں ہاتھ کی ساری مقداریں ناپ لی گئی ہیں، اس لیے K کی قیمت معلوم کی جا سکتی ہے۔

شیشے کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا ۔ شیشے کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) معلوم کرنے کے اس طریقے میں شیشے کی ایک نلی AB سے کام لیا جاتا ہے جس کی لمبائی قریباً 50 سنٹی میٹر اور جس کا قطر قریباً 1 سنٹی میٹر ہوتا ہے۔ اس نلی کو ایک چوڑے برتن یا جیکٹ (Jacket) J میں رکھا جاتا ہے۔ جیکٹ J میں دو گزرگاہیں موجود ہوتی ہیں جن کے ذریعے اس میں بھاپ کے



بھاؤ کو جاری کیا جا سکتا ہے۔ نلی AB کے دونوں سروں کے ساتھ T شکل کے دو برتن C اور D لگے ہوتے ہیں اور اندرونی طور پر ان برتنوں C اور D اور نلی AB کے درمیان راستہ قائم ہوتا ہے۔ برتن C اور D کے ساتھ ساتھ ربڑ کی ایک ایک نلی لگا دی جاتی ہے جن میں سے ایک نلی میں پانی کو داخل کر کے اور دوسری نلی میں اسے خارج کر کے شیشے کی اصلی نلی AB میں پانی کو بہنے دیا جاتا ہے۔ نلی AB کو ذرا ترچھا رکھ کر پانی کو نیچے سے داخل کرنے اور اوپر سے خارج کرنے کا فائدہ یہ ہے کہ پانی نلی میں بھر بھر کر بہتا ہے اور اس کی دیواروں کے ساتھ اچھی طرح مس کرتا ہے۔ اسی مقصد کے لیے نلی کے اندر ایک بل دار تار بھی اس کی لمبائی کے ساتھ ساتھ رکھا ہوتا ہے۔

تجربہ کرنے کے لیے جیکٹ میں بھاپ کو گزارا جاتا ہے اور ساتھ ہی شیشے کی نلی AB میں سے پانی کا بہاؤ جاری کر دیا جاتا ہے۔ تھوڑے ہی عرصے میں نلی AB کی بیرونی سطح بھاپ کا ٹمپریچر اختیار کر لیتی ہے اور حرارت اس سطح سے نلی کی دیوار میں سے ایصال (Conduct) ہو ہو کر پانی تک جاتی ہے اور اسے گرم کرتی ہے۔ جب برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے تو اندر داخل

ہونے والے پانی کا ٹمپریچر θ_1 پر اور باہر نکلنے والے پانی کا ٹمپریچر θ_2 پر ٹھہر جاتا ہے۔ چنانچہ یہ دونوں ٹمپریچر تھرمامیٹر T_1 اور T_2 سے پڑھ لیے جاتے ہیں۔ باہر نکلتے پانی کو وقت t کے لیے ایک برتن میں بہنے دیا جاتا ہے اور اس کو وزن کر کے اس کی کمیت (Mass) m دریافت کر لی جاتی ہے۔

تجربے کے آخر میں شیشے کی نلی کا اندرونی قطر اور بیرونی قطر ناپ کر اس کا اندرونی نصف قطر r_1 اور بیرونی قطر r_2 معلوم کر لیا جاتا ہے۔ تب اگر شیشے کی نلی میں ایک سیکنڈ میں بہنے والی حرارت Q ہو تو جیسا کہ ربڑ کی حرارتی ایصالیت دریافت کرنے کے ضمن میں اوپر بیان کیا جا چکا ہے

$$Q = \frac{2\pi K l \left[\theta_3 - \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right]}{\log \frac{r_2}{r_1}}$$

اس مساوات میں شیشے کی نلی کی بیرونی گرم سطح کا ٹمپریچر θ_3 ہے اور یہی بھاپ کا ٹمپریچر ہے۔ اس نلی کی اندرونی ٹھنڈی سطح کا اوسط ٹمپریچر $\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$ ہے اور یہی اس کے اندر بہنے والے پانی کا اوسط ٹمپریچر ہے۔ l شیشے کی اس نلی کی لمبائی ہے اور K شیشے کی مطلوبہ حرارتی ایصالیت (Thermal Conductivity) ہے۔ چونکہ یہ حرارت t سیکنڈ میں m گرام پانی کو ملتی ہے اور اس کے ٹمپریچر کو

θ_1 سے θ_2 تک بڑھا دیتی ہے ، اس لیے

$$Q = \frac{(m+w)(\theta_2 - \theta_1)}{t}$$

جب کہ w اس نلی کا آب مساوی (Water equivalent) ہے۔

$$\therefore \quad Q = \frac{2\pi K l \left[\theta_3 - \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right]}{\log \frac{r_2}{r_1}} = \frac{(m+w)(\theta_2 - \theta_1)}{t}$$

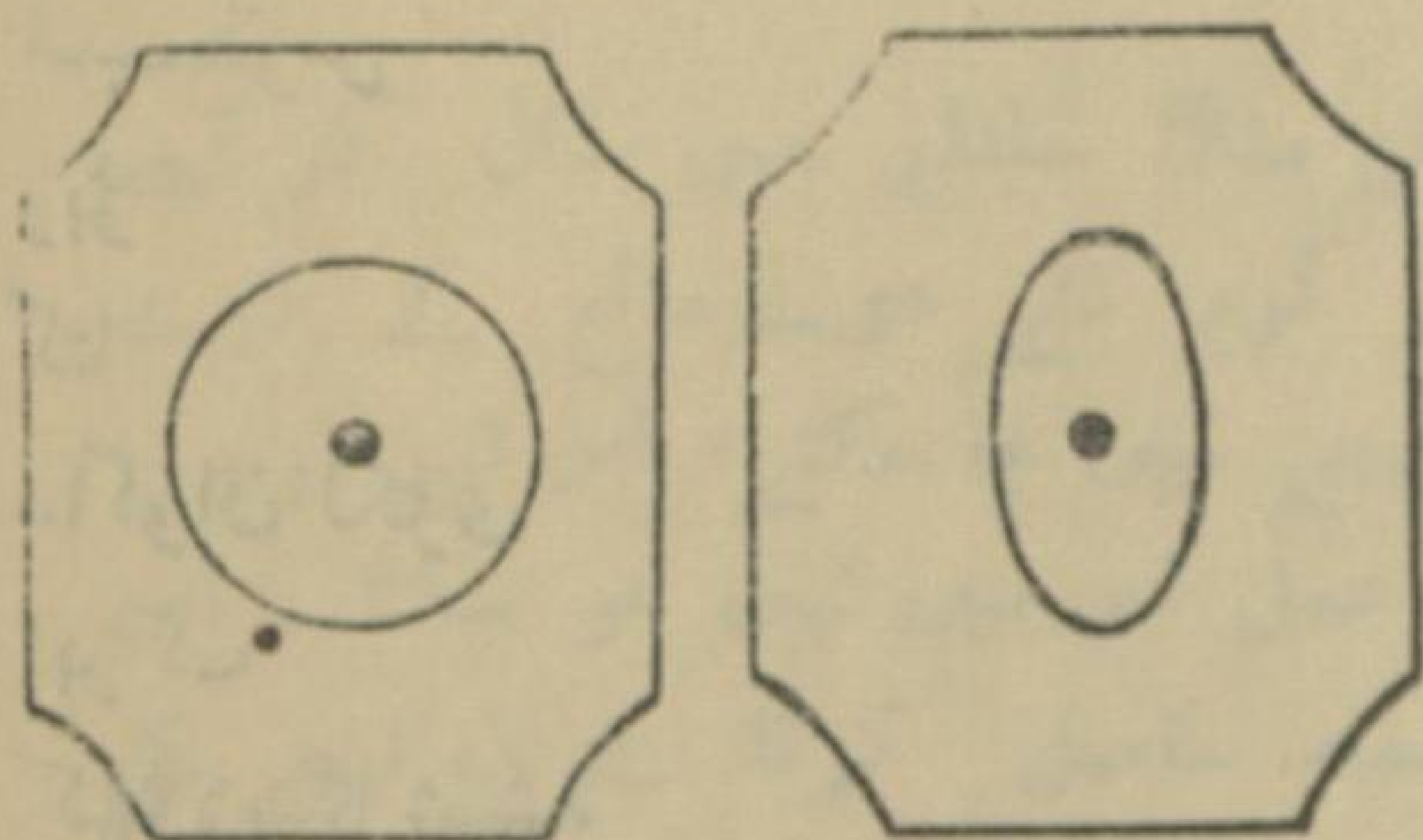
$$\therefore \quad K = \frac{(m+w)(\theta_2 - \theta_1) \log \frac{r_2}{r_1}}{2\pi l t \left[\theta_3 - \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right]}$$

چونکہ اس مساوات میں دائیں طرف کی ساری مقداریں دریافت کر لی گئی ہیں اس لیے K کی قیمت معلوم ہو جاتی ہے۔

کرسٹلوں (Crystals) یعنی قلموں کی حرارتی ایصالیت۔
کرسٹلوں کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) پر قابل قدر تحقیق فرانس کے ایک سائنس‌دان دو سینارموں (De Senarmont) نے 1847ء میں کی تھی۔ اس تحقیق کا ماحصل یہ تھا کہ کرسٹلوں (Crystals) یعنی قلموں کی حرارتی ایصالیت لازمی طور پر سب اطراف میں یکساں نہیں ہوتی جیسی وہ عام اشیاء کی صورت میں ہوتی ہے۔ چنانچہ کئی کرسٹل ایسے ہیں جن کی حرارتی ایصالیت ایک خاص طرف میں نسبتاً زیادہ اور ایک دوسری طرف میں نسبتاً کم ہوتی ہے۔ البتہ بعض کرسٹل ایسے بھی ہیں جن کی حرارتی ایصالیت تمام اطراف میں یکساں ہوتی ہے۔

کرسٹلوں کی حرارتی ایصالیت کی چھان بین کرنے کا جو طریقہ دو سینارموں (De Senarmont) نے برتا تھا، وہ بہت سادہ تھا۔ اس نے کرسٹل کو خاص سمتوں میں کاٹ کر اس سے ایک پتلی پلیٹ حاصل کی جس کی دونوں سطحیں بالکل متوازی تھیں۔ اس پلیٹ کی سطح پر اس

نے موم کی ایک پتلی سی تہ بچھا دی اور پھر اس سطح کے درمیان میں ایک نقطے کے اوپر سورج کی کرنیں ایک عدسے یعنی لینز (Lens) کی مدد سے مرکوز کر دیں - کرنوں کے فوکس (Focus) ہو جانے سے اس نقطے پر حرارت پیدا ہوئی اور یہ حرارت چاروں طرف ایصال ہونے اور موم کو پگھلانے لگی - اس طرح برقرار حالت (Steady state) قائم ہونے پر اس نقطے کے گرد ایک حلقہ باقی رہ گیا جو موم سے خالی ہو چکا تھا - مکعب نظام (Cubic system) کے کرسٹلوں کی صورت میں یہ حلقہ گول تھا جس سے ثابت ہوتا تھا کہ ان کرسٹلوں کی حرارتی ایصالیت تمام اطراف میں یکساں ہوتی ہے - لیکن جو کرسٹل مکعب نظام (Cubic sys-tem) سے متعلق نہیں تھے ان کی صورت میں یہ حلقہ بیضوی تھا جس سے ثابت ہوتا تھا کہ ان کرسٹلوں کی حرارتی ایصالیت ایک خاص طرف میں نسبتاً زیادہ اور اس سے عمودی طرف میں نسبتاً کم ہوتی ہے -



لکڑی کی حرارتی ایصالیت - لکڑی کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) بھی تمام اطراف میں ایک جیسی نہیں ہوتی - چنانچہ ایک سائنس دان ٹنڈل (Tyndal) نے تجربے سے ثابت کیا کہ لکڑی کے ریشوں کی سمت میں اس کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) نسبتاً زیادہ ہوتی ہے مگر اس کی عمودی سمت میں یہ نسبتاً کم ہوتی ہے -

ناقص موصل اشیا کی حرارتی ایصالیت - ذیل کے نقشے میں بعض ناقص موصل اشیا کی حرارتی ایصالیت کی قیمتیں درج کی گئی ہیں- اس نقشے سے معلوم ہوتا ہے کہ کاٹن وول (Cotton wool) کی حرارتی ایصالیت سب سے کم ہوتی ہے - اس سے اوپر فیلٹ (Felt) اور پھر کارک کا نمبر آتا ہے -

اشیا	حرارتی ایصالیت (K)
کاٹن وول	0.00006
فیلٹ	0.00009
کارک	0.00011
ریشم	0.00022
کاغذ	0.00030
اسبسطوس	0.00030
ربڑ	0.00045
گتا	0.00050
ساگوان لکڑی	0.00060
ابرک*	0.00180
کھڑکی کا شیشہ	0.00250
سلیٹ	0.00470

مائعات کی حرارتی ایصالیت ۔ مائعات تمام کے تمام (ایک پارے کو چھوڑ کر) حرارت کے ناقص موصل ہوتے ہیں اور اس وجہ سے ان کی حرارتی ایصالیت بہت کم ہوتی ہے لیکن ان کی حرارتی ایصالیت کی چھان بین کرنے کے لئے ایک بڑی مشکل پیش آتی ہے جس کا ازالہ کرنا ضروری ہے - یہ مشکل مائعات میں ترسیل حرارت (Convection of heat) ہے جس کے ماتحت حرارت کا بھاؤ مائعات میں اتنی بڑی شرح سے ہوتا ہے کہ اس کے مقابلے میں حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کا اثر بالکل دب جاتا ہے ۔ مثلاً اگر کسی بیکر میں پانی ڈال کر اسے نیچے سے حرارت پہنچائی جائے تو پانی کے ذرات نیچے سے گرم ہو ہو کر اوپر اٹھنے لگتے ہیں اور اوپر کے ٹھنڈے ذرات ان کی جگہ لینے کو نیچے کو آتے ہیں ۔ اس طرح پانی میں ترسیلی روئیں (Convection currents) بڑی شدت سے چلنے لگتی ہیں اور ان کے مقابلے میں پانی کے اندر اگر کچھ حرارت ایصال (Conduction) کے

ذریعے نیچے سے آوپر جاتی بھی ہے تو اس کی چھان بین کرنا ناممکن ہو جاتا ہے - ان حالات میں کسی مائع کی حرارتی ایصالیت ناپنے کے لئے جو بھی تجربہ کیا جائے اس میں ضروری ہو جاتا ہے کہ ترسیل حرارت (Conduction of heat) کا عمل اس میں بالکل بند کر دیا جائے اور حرارت کا انتقال صرف ایصال حرارت (Convection of heat) کے ذریعے ہونے دیا جائے - اس مقصد کو پورا کرنے کے لیے عملی طور پر دو طریقے برتے جاتے ہیں -

(اول) مائع کو کسی لمبے برتن مثلاً سلنڈر میں ڈال کر اسے آوپر سے گرم کیا جاتا ہے - آوپر سے گرم کئے ہوئے مائع کے ذرے پہلے سے ہلکے ہو جانے کے باعث نیچے نہیں جا سکتے، اس لیے ترسیل حرارت (Convection of heat) کا عمل اس میں نہیں ہو سکتا - اس وجہ سے جو حرارت مائع کا آوپر کا حصہ حاصل کرتا ہے وہ نیچے کی طرف صرف ایصال (Conduction) کے ذریعے آتی ہے -

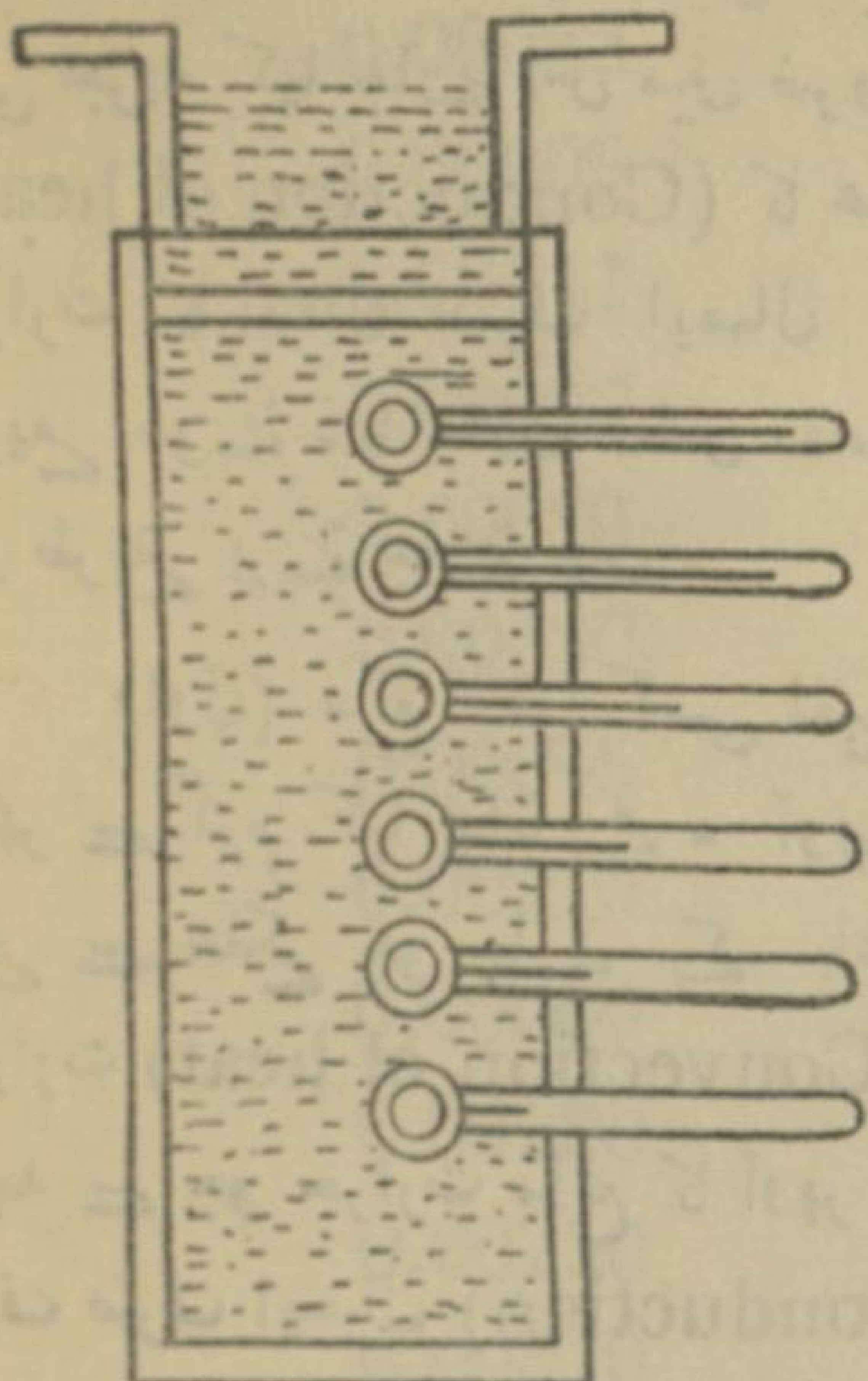
(دوم) مائع میں ترسیل حرارت (Convection of heat) کو بند کرنے کا دوسرا طریقہ یہ ہے کہ زیر تجربہ مائع کو ایک پتلی فلم کی سورت میں لیا جائے- ایسی پتلی فلم میں ترسیل حرارت (Convection of heat) نہیں ہو سکتی - علاوہ ازیں چونکہ مائع کی یہ فلم رقبے میں زیادہ اور موٹائی میں بہت پتلی ہوتی ہے، اس لیے اس میں سے جو حرارت ایصال (Conduct) ہوتی ہے اس کی مقدار بھی نسبتاً بڑھ جاتی ہے -

اب ہم ان دونوں طریقوں کو تفصیل سے بیان کرتے ہیں -

دے پرے کے طریقے (Despretz's method) سے مائعات کی حرارتی ایصالیت کی تحقیق کرنا - مائعات کی حرارتی ایصالیت کی باقاعدہ تحقیق سب سے پہلے ایک سائنس دان ، دے پرے (Despretz) نے 1838ء میں کی تھی -

اس تجربے میں مائع کو لکڑی کے ایک لمبے سلنڈر میں بھر دیا جاتاہے جس کاطول قریباً ایک میٹر اور جس کا اندرونی قطر قریباً 20 سنٹی میٹر ہوتا ہے - اس کے آوپر تانبے کا ایک برتن جو ایک گول پتیلی کی

شکل کا ہوتا ہے، رکھا ہوتا ہے ۔ لمبے سلنڈر کے پہلوؤں میں اوپر سے



نیچے کو تھوڑے تھوڑے فاصلے پر متعدد تھرمامیٹر لگا دیے جاتے ہیں ۔

تجربے کرتے وقت اوپر کی پتیلی میں کھولتا ہوا پانی ڈال دیا جاتا ہے جو اپنی حرارت مائع کے اوپر کے حصے کو دیتا ہے ۔ یہ حرارت مائع کے اندر اوپر سے نیچے کی طرف کو ایصال ہوتی ہے جس سے مختلف تھرمامیٹروں کا ٹمپریچر بتدریج اوپر چڑھتا ہے ۔ کھولتے ہوئے پانی کو تھوڑے تھوڑے عرصے کے بعد بدل دیتے ہیں تاکہ حرارت یکساں طور پر مائع کے کالم کو ملتی رہے ۔ جب برقرار حالت (Steady state) قائم ہوتی ہے تو ان تھرما میٹروں کے ٹمپریچر θ_1، θ_2، θ_3 وغیرہ پڑھ لیے جاتے ہیں ۔ اس تجربے میں مائع کا کالم دھات کی سلاخ کا قائم مقام بنتا ہے ۔ اور سلاخ کی طرح اس کالم میں بھی حرارت کا ایصال ایک سرے سے دوسرے سرے تک ہوتا ہے ۔ البتہ اس صورت میں برقرار حالت کے قائم ہونے میں بہت لمبا عرصہ لگ جاتا ہے جو چالیس سے اڑتالیس گھنٹے تک کا ہو سکتا ہے ۔ تجربے کے بعد گرم سرے سے تھرمامیٹروں کے فاصلوں اور ان کے ٹمپریچروں کے درمیان گراف کھینچا جاتا ہے ۔ اس کے بعد یہی تجربہ ایک اور مائع کے ساتھ دھرا کر اس کے لیے بھی اسی قسم کا گراف حاصل کر لیا جاتا ہے ۔ ان دونوں گرافوں کی مدد سے دونوں مائعات کے لیے اوپر کے سرے سے شروع کر کے وہ فاصلے l_1 اور l_2 ناپ لیے جاتے ہیں، جن تک ٹمپریچر کا گراف دونوں صورتوں میں برابر ہوتا ہے ۔ تب انجن ہاز (Ingen Hausz) کے تجربے کے اصول کے مطابق اگر پہلے مائع کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) K_1 اور دوسرے مائع کی حرارتی ایصالیت K_2 ہو اور ٹمپریچر کے یکساں

گراؤ کے لیے اوپر کے سرے سے دونوں مائعات کے کالم کے فاصلے بالترتیب l_1 اور l_2 ہوں تو

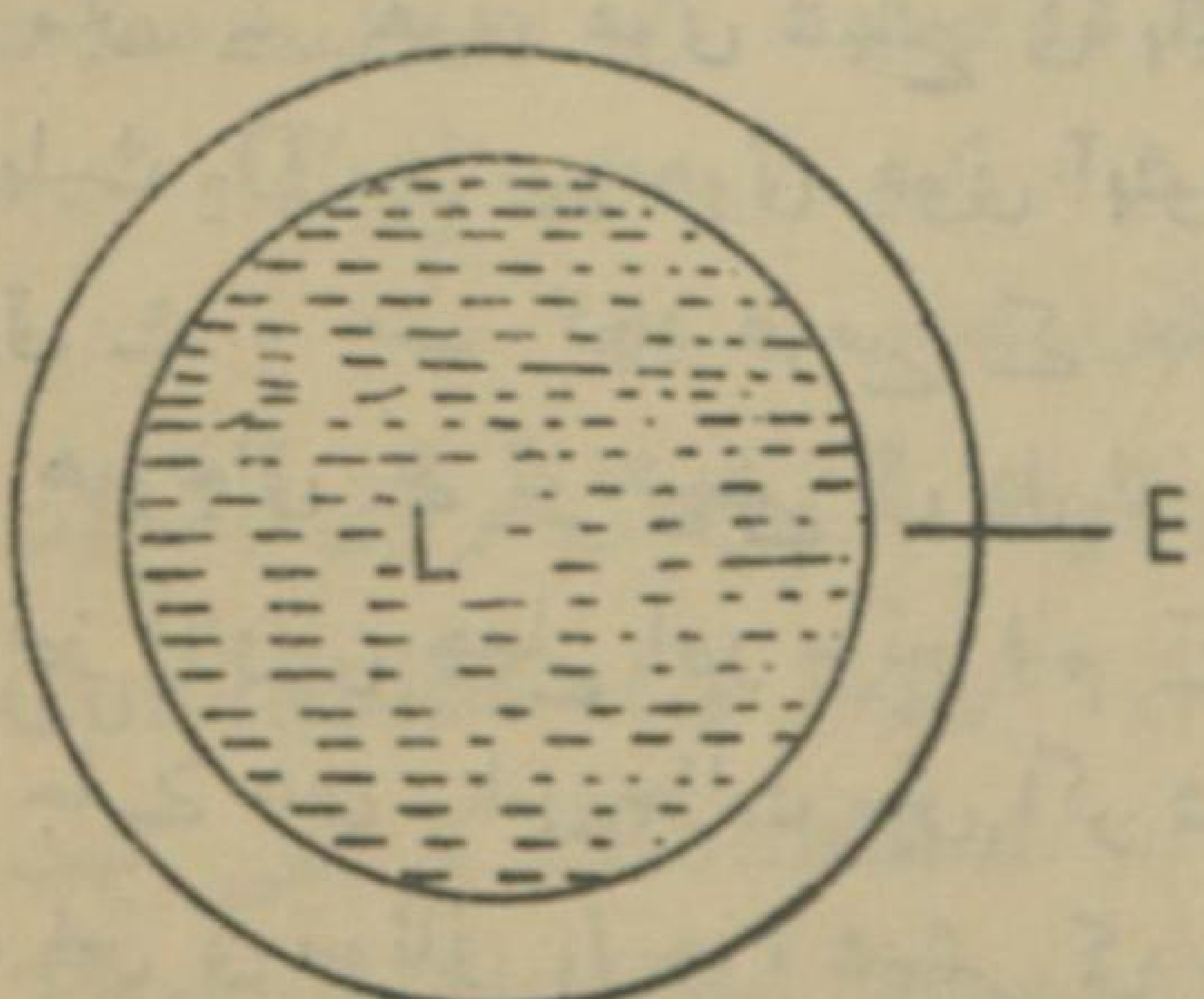
$$\frac{K_1^2}{l_1^2}=\frac{K_2^2}{l_2^2}$$

$$\therefore \quad \frac{K_1^2}{K_2^2}=\frac{l_1^2}{l_2^2}$$

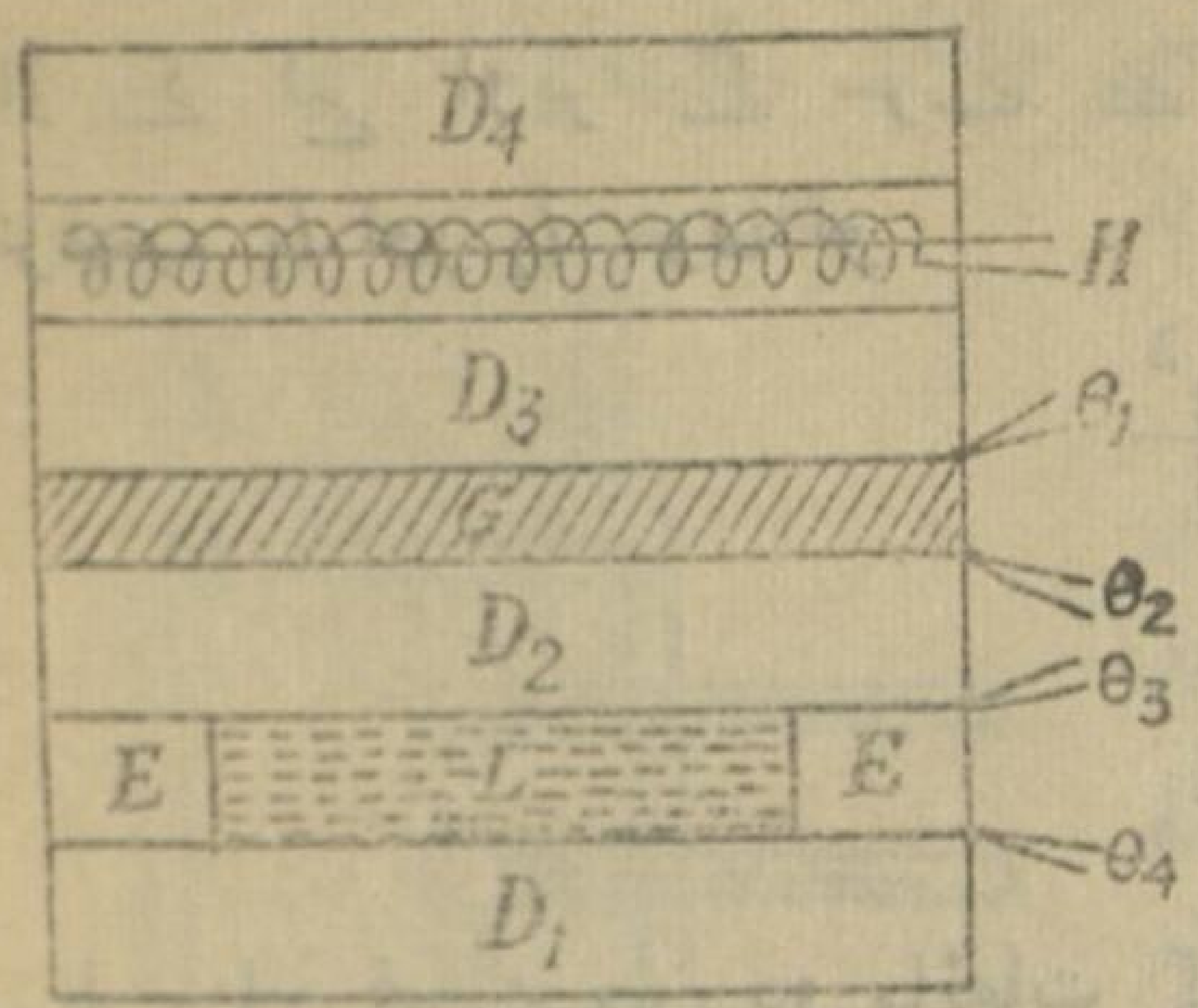
اس طرح اس تجربے میں دو مائعات کی حرارتی ایصالیت کا مقابلہ کیا جا سکتا ہے۔

نوٹ - دو پرے (Despretz) کے اس تجربے سے کسی مائع کی حرارتی ایصالیت کی اصل قیمت معلوم نہیں ہوتی - چنانچہ اس مقصد کے لیے یعنی کسی مائع کی حرارتی ایصالیت کی اصل قیمت معلوم کرنے کے لیے ذیل کا تجربہ کیا جاتا ہے۔

فلم کے طریقے (Film method) سے ایک مائع کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا - لیز (Lees) نے 1890ء میں مائع کی حرارتی ایصالیت کو ناپنے کے لیے مائع کی ایک فلم سے کام لیا۔ اس لیے یہ طریقہ اس کے نام پر مائع کی حرارتی ایصالیت ناپنے کا لیز کا فلم کا طریقہ (Lees' film method) کہلاتا ہے۔



اس طریقے میں زیر تجربہ مائع کو آبنوس کے ایک کھوکھلے چھلے E کے درمیان میں ایک فلم L کی صورت میں رکھا جاتا ہے - یہ چھلا تانبے کی ایک گول پلیٹ D_1 کے اوپر پڑا ہوتا ہے اور اس چھلے کے اوپر اسی طرح کی تانبے کی ایک گول پلیٹ D_2 رکھ دی جاتی ہے۔ پلیٹ D_2 کے اوپر شیشے کی ایک گول پلیٹ G پڑی ہوئی ہے اور اس کے اوپر تانبے کی دو گول پلیٹوں D_3 اور D_4 کے درمیان حرارت دینے کے لیے ایک برقی لچھا یعنی کوائل



H رکھا ہوتا ہے جس میں برق رو گزار کر حرارت پیدا کی جا سکتی ہے۔ اس پورے آلے پر باہر سے وارنش ملا ہوا ہوتا ہے جس سے اس کی بیرونی سطح ایک سی نظر آتی ہے اور پھر اسے ہوا کے مستقل ٹمپریچر کے ایک خانے یا چیمبر (Chamber) کے اندر رکھ دیا جاتا ہے۔ پلیٹ D_3 کی نچلی سطح اور پلیٹ D_2 کی اوپر کی سطح کے ساتھ برقی حرارتی تھرما میٹروں یعنی تھومو الیکٹرک تھرمامیٹروں کے تھرمو کپل (Thermo-couples) T_1 اور T_2 لگے ہوتے ہیں تاکہ ان کے ذریعے شیشے کی پلیٹ G کے دونوں اطراف کا ٹمپریچر معلوم کیا جا سکے۔ اسی طرح پلیٹ D_2 کی نیچے کی سطح اور پلیٹ D_1 کی اوپر کی سطح کے ساتھ بھی تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹروں کے تھرمو کپل T_2 اور T_3 لگے ہوتے ہیں تاکہ ان کے ذریعے آبنوسی چھلے E اور مائع فلم L کے دونوں اطراف کا ٹمپریچر معلوم کیا جا سکے۔

تجربہ کرنے کے لیے کوائل H میں برق رو گزاری جاتی ہے جس سے اس کوائل میں حرارت پیدا ہوتی ہے۔ یہ حرارت تانبے کی پلیٹ D_3 میں سے ہوتی ہوئی شیشے کی پلیٹ G میں گزرتی ہے اور پھر تانبے کی پلیٹ D_2 میں سے ہوتی ہوئی آبنوسی چھلے E اور مائع فلم L میں سے گزرتی ہے۔ جب کچھ عرصے کے بعد برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے تو شیشے کی پلیٹ کے دونوں اطراف کے ٹمپریچر θ_1 اور θ_2 نیز آبنوسی چھلے اور مائع فلم کے اطراف کے ٹمپریچر θ_3 اور θ_4 ناپ لئے جاتے ہیں۔ اس حالت میں اگر شیشے کی پلیٹ G کا سطحی رقبہ A_1 ہو، اس کی موٹائی l_1 ہو، شیشے کی حرارتی ایصالیت K_1 ہو اور پلیٹ G میں سے فی سیکنڈ گزرنے والی حرارت Q_1 ہو تو حرارتی ایصالیت کے عام کلیے کے مطابق

$$Q_1 = \frac{K_1 A_1 (\theta_1 - \theta_2)}{l_1}$$

اسی طرح اگر آبنوسی چھلے کا سطحی رقبہ A_2 ہو، اس کی موٹائی l_2 ہو، آبنوس کی حرارتی ایصالیت K_2 ہو ، اس چھلے کے درمیان میں مائع فلم کا سطحی رقبہ A ہو ، اس فلم کی موٹائی l ہو اور مائع کی حرارتی ایصالیت K ہو نیز آبنوسی چھلے اور مائع فلم دونوں میں سے فی سیکنڈ گزرنے والی حرارت Q_2 ہو تو

$$Q_2 = \frac{K_2 A_2 (\theta_3 - \theta_4)}{l_2} + \frac{K A (\theta_3 - \theta_4)}{l}$$

چونکہ برقرار حالت (Steady state) قائم ہو چکی ہے۔ اس لیے

$$Q_2 = Q_1$$

$$\therefore \quad \frac{K_2 A_2 (\theta_3 - \theta_4)}{l_2} \quad \frac{KA (\theta_3 - \theta_4)}{l} = \frac{K_1 A_1 (\theta_1 - \theta_2)}{l_1}$$

یا

$$\frac{KA (\theta_3 - \theta_4)}{l} = \frac{K_1 A_1 (\theta_1 - \theta_2)}{l_1} - \frac{K_2 A_2 (\theta_1 - \theta_3)}{l}$$

اس مساوات میں K_1 ، K_2 اور K کے سوا باقی تمام مقداریں تجربے سے معلوم کر لی جاتی ہیں اور K_1 اور K_2 کی قیمتوں کو حرارتی ایصالیت کے نقشوں (Tables) سے پڑھ لیا جاتا ہے ۔ جس کے بعد مائع کی مطلوبہ حرارتی ایصالیت K کی قیمت نکالی جا سکتی ہے ۔

گیسوں کی حرارتی ایصالت معلوم کرنا ۔ گیسوں کی حرارتی ایصالیت بہت کم ہوتی ہے ۔ نیز ان میں ترسیل حرارت (Convection of heat) کے علاوہ اشعاع حرارت (Radiation of heat) کا بھی بہت دخل ہوتا ہے ۔ اس وجہ سے گیسوں کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) ناپنے کے لیے ترسیل (Convection) کا سدباب کرنا اور اشعاع (Radiation) کی تصحیح لگانا ضروری ہو جاتا ہے ۔ عام طور پر گیسوں کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنے کے لیے دو طریقے

برتے جاتے ھیں جن میں سے ایک گرم تار کا طریقہ (Hot wire method) اور دوسرا فلم کا طریقہ (Film method) ھے۔

گرم تار کے طریقے (Hot wire method) سے گیس کی حرارتی ایصالت معلوم کرنا۔ یہ طریقہ اینڈریوز (Andrews) کا تجویز کردہ ھے، مگر اس کو پہلے پہل عملی طور پر سکیلئر مارچر (Schleiermarcher) نے 1889ء میں استعمال کیا تھا۔

اس طریقے میں گیس کو سلنڈری شکل کی ایک نلی میں بھر دیا جاتا ھے جس کے محور کے ساتھ ساتھ پلاٹینم کا ایک تار لگا ھوتا ھے۔ اس تار میں برق رو گزار کر اسے گرم کیا جاتا ھے۔ تار کی حرارت گیس میں سے ایصال (Conduct) ھو ھو کر نلی کی دیوار تک پہنچتی ھے اور اس کے ٹمپریچر کو بڑھاتی ھے۔ جب برقرار حالت (Steaby state) قائم ھو جاتی ھے تو نلی کا ٹمپریچر θ_2 ناپ لیا جاتا ھے اور تار کا ٹمپریچر θ_2 اس کی مزاحمت (Resistance) معلوم کر لینے کے بعد بالواسطہ طور پر دریافت کر لیا جاتا ھے۔ تار کے گرد جو گیس موجود ھے وہ ایک ھم محور سلنڈر میں بھری ھونے کے باعث خود سلنڈری شکل کی ھے جس کا بیرونی قطر r_2 وھی ھے جو سلنڈر کا ھے اور جس کا اندرونی قطر r_1 وھی ھے جو تار کا ھے۔ تب اگر گیس کے اس سلنڈر کی لمبائی l ھو، اس کی حرارتی ایصالیت (Thermal conduc-tivity) K ھو اور تار سے اس کو ملنے والی حرارت فی سیکنڈ Q ھو تو جیسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ھے

$$Q=\frac{2\pi lK(\theta_1-\theta_2)}{\text{iog}\frac{r_2}{r_1}}$$

اگر تار میں گزرنے والی برق رو یعنی کرنٹ I (ایمپیئر) ھو اور تار کے آر پار پوٹانشل (Potential) کا فرق E (وولٹ) ھو تو

$$Q=\frac{EI}{J}$$

$$\therefore \qquad \frac{EI}{J}=\frac{2\pi l K(\theta_1-\theta_2)}{\log\frac{r_2}{r_1}}$$

یا

$$K=\frac{EI\log\frac{r_2}{r_1}}{J\times 2\pi l(\theta_1-\theta_2)}$$

اس تجربے میں چونکہ تار کا ٹمپریچر اس کی ساری لمبائی میں یکساں ہوتا ہے، اس لیے جہاں تک اس کے ارد گرد کی گیس میں ترسیل حرارت (Convection of heat) کا تعلق ہے، یہ عمل نہ ہونے کے برابر ہوتا ہے - البتہ اشعاع حرارت (Radiation of heat) کا عمل سلنڈر میں کم و بیش جاری رہتا ہے اور سلنڈر کی دیواروں تک جو حرارت پہنچتی ہے اس کا کچھ حصہ اشعاع (Radiation) کے ذریعے بھی آتا ہے - اس حصے کو ایک علیحدہ تجربے سے معلوم کیا جاتا ہے جس میں سلنڈر کے اندر گیس کو مکمل طور پر خارج کر کے ایک خلا بنا دیا جاتا ہے اور پھر اس تجربے کو دھرایا جاتا ہے - اس حالت میں تار سے جو حرارت سلنڈر کی دیواروں تک پہنچتی ہے وہ صرف اشعاع (Radiation) ھی کے ذریعے آتی ہے، جو معلوم کی جا سکتی ہے - اس کے بعد اس حرارت کے مطابق اصل تجربے میں اشعاعی تصحیح (Radiation Correction) کر لی جاتی ہے -

نوٹ - اس تجربے کو بعد میں متعدد اصلاحیں اور ترمیمیں کرنے کے بعد گریگوری (Gregory) اور آرچر (Archer) نے 1925ء میں اور کینو لنک (Kannulink) اور مارٹن (Martin) نے 1934ء میں دھرایا - مؤخرالذکر سائنس دانوں نے اس طریقے سے ھائیڈروجن کی حرارتی ایصالیت 0.000413 اور ھوا کی حرارتی ایصالیت 0.0000576 نکالی تھی -

فلم کے طریقے (Film method) سے گیس کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنا - یہ طریقہ اصولی طور پر لیز کے قلم کے طریقے (Lees Film method) سے ملتا جلتا ہے جس کے ذریعے لیز (Lees) نے مائعات کی

حرارتی ایصالیت معلوم کی تھی اور جس کی تفصیل اس سے پہلے دی جا چکی ہے ۔ اس لیے اس طریقے کا محض ایک خاکہ یہاں پیش کیا جاتا ہے ۔

زیر تجربہ گیس کو ایک برتن کے اندر تانبے کی دو پلیٹوں کے درمیان میں بھر دیا جاتا ہے ۔ تانبے کی اوپر کی پلیٹ کو برق تار کے ذریعے حرارت پہنچائی جاتی ہے ۔ یہ حرارت گیس میں سے ایصال (Conduct) ہو کر نیچے کی پلیٹ تک آتی ہے ۔ جب برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے تو اوپر کی پلیٹ کا ٹمپریچر θ_1 اور نیچے کی پلیٹ کا ٹمپریچر θ_2 معلوم کر لیا جاتا ہے ۔

اگر اوپر کی پلیٹ کی سطح کا رقبہ A ہو ، دونوں پلیٹوں کا درمیانی فاصلہ l ہو اور گیس کی حرارتی ایصالیت K ہو تو

$$Q=\frac{KA(\theta_1-\theta_2)}{l}$$

جب کہ Q وہ حرارت ہے جو ایک سیکنڈ میں گیس میں سے ایصال (Conduct) ہو رہی ہے ۔

اگر برق تار میں برق رو I ایمپیئر ہو اور تار کے آر پار پوٹانشل (Potential) کا فرق E ہو تو

$$Q=\frac{EI}{J}$$

$$\therefore \quad \frac{EI}{J}=\frac{KA(\theta_1-\theta_2)}{l}$$

یا

$$K=\frac{EIl}{JA(\theta_1-\theta_2)}$$

اس طریقے سے سب سے اول ٹاڈ (Todd) نے 1909ء میں اور اس کے بعد لابی (Laby) اور ہرکس (Hercus) نے 1918ء میں گیسوں کی حرارتی ایصالیت معلوم کی تھی ۔

گیسوں کی حرارتی ایصالیت - ذیل کے نقشے میں بعض مشہور گیسوں کی حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) کی قیمتیں درج ہیں - اس نقشے سے معلوم ہوتا ہے کہ گیسوں میں سے ہائیڈروجن کی حرارتی ایصالیت غیرمعمولی طور بڑھی ہوئی ہوتی ہے - چنانچہ ہوا کے مقابلے میں ہائیڈروجن کی حرارتی ایصالیت قریباً 7 گنا زیادہ ہے -

گیس	حرارتی ایصالیت
ہائیڈروجن	0·0004130
آکسیجن	0·0000583
ہوا	0·0000540
آرگن	0·4000389
کاربن ڈائی اوکسائڈ	0·0000343

حرارتی ایصالیت کے بارے میں اہم تجرباتی نتائج - مختلف اشیا کی حرارتی ایصالیت کے بارے میں جو تجربے کیے گئے ہیں ان سے مندرجہ ذیل اہم نتائج حاصل ہوئے ہیں :

۱ - دھاتوں کی حرارتی ایصالیت غیر دھاتوں سے عموماً بڑھی ہوئی ہوتی ہے - دھاتوں میں چاندی کی حرارتی ایصالیت سب سے زیادہ ہے اور اس کے بعد تانبے کا نمبر آتا ہے -

۲ - مائعات کی حرارتی ایصالیت عام طور پر کم ہوتی ہے ، البتہ پارے کی ایصالیت اس کے دھات ہونے کے باعث زیادہ ہے -

۳ - گیسوں کی حرارتی ایصالیت بالعموم مائعات سے بھی کم ہوتی ہے -

۴ - جو اشیا حرارت کی عمدہ موصل ہوتی ہیں وہ برق کی بھی عمدہ موصل ہیں - اس کی تفصیل آگے آئے گی -

۵ - خالص دھاتوں کی حرارتی ایصالیت ٹمپریچر کے گرنے پر بڑھتی جاتی ہے اور یہ زیادتی 100°A سے نیچے کافی نمایاں ہوتی جاتی ہے ،

یہاں تک کہ ایک خاص نیچے ٹمپریچر تک پہنچ کر وہ زیادہ سے زیادہ قیمت پر پہنچ جاتی ہے ۔ اس کے بعد اگر ٹمپریچر اور گرے تو حرارتی ایصالیت بڑھنے کی بجائے گھٹتی ہے اور مطلق صفر کے قرب و جوار تک برابر گھٹتی جاتی ہے ۔

ویڈمان فرانز قانون (Wiedmann Franz law) ۔ یہ ایک عام تجربے کی بات ہے کہ جو اشیا حرارت کی عمدہ موصل (Good conductor) ہوتی ہیں ، وہ برق کی بھی عمدہ موصل ہوتی ہیں ۔ دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ جن اشیا میں حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) زیادہ ہوتی ہے ، ان میں سے برق ایصالیت (Electrical conductivity) بھی زیادہ ہوتی ہے ۔ مختلف دھاتوں اور دوسری اشیا کی حرارتی ایصالیت اور برق ایصالیت کی چھان بین کرنے کے بعد 1854ء میں دو سائنس دانوں ، ویڈمان (Wiedmann) اور فرانز (Franz) نے یہ قانون دریافت کیا کہ حرارتی ایصالیت (Thermal conductivity) اور برق ایصالیت (Electric conduc-tivity) کی باھمی نسبت ایک خاص ٹمپریچر پر تمام دھاتوں کے لیے یکساں ہوتی ہے ۔ اس کو **ویڈمان فرانز قانون** (Wiedmann Franz law) کہتے ہیں ۔

لارینز (Lorentz) نے 1872ء میں معلوم کیا کہ حرارتی ایصالیت اور برق ایصالیت کی یہ باھمی نسبت مطلق ٹمپریچر کے متناسب ہوتی ہے ۔

ریاضی کی زبان میں اگر حرارتی ایصالیت کو K سے ، برق ایصالیت کو σ سے اور مطلق ٹمپریچر کو T سے تعبیر کیا جائے تو

$$\frac{K}{\sigma} \propto T$$

یا

$$\frac{K}{\sigma} = T \times \text{ایک مستقل}$$

$$\therefore \quad \frac{K}{\sigma T} = \text{ایک مستقل}$$

اس سے ظاہر ہے کہ تمام دھاتوں کے لیے $\frac{K}{\sigma T}$ کی قیمت برابر ہوتی ہے - یہ بات مندرجہ ذیل نقشے سے ثابت ہو جاتی ہے جس میں مختلف دھاتوں کے لیے $\frac{K}{\sigma T}$ کی قیمتیں 291°A (یعنی 18°C) پر ، 273°A (یعنی0°C) پر، 223°A (یعنی 50°C–) پر، 173°A (یعنی100°C–) پر اور 103°A (یعنی 170°C–) پر دی گئی ہیں -

دھات	$\frac{K}{\sigma T} \times 10^8$ کی قیمت				
	291°A	273°A	223°A	173°A	103°A
الومینیم	2·13	2·09	2·0	1·81	1·50
تانبا	2·32	2·30	2·26	2·17	2·85
چاندی	2·33	2·33	2·36	2·29	2·04
جست	2·43	2·45	2·40	2·39	2·20
سیسہ	2·51	2·53	2·52	2·54	2·55
لوہا	2·99	2·97	2·93	2·98	3·10
پیتل	2·45	2·45	—	2·54	2·78

زمین کے قشر (Crust) کی حرارتی ایصالیت - دن کے وقت زمین تپ جاتی ہے اور رات کے وقت وہ ٹھنڈی ہو جاتی ہے - زمین کے باری باری گرم اور ٹھنڈا ہونے کی یہ کیفیت ایک حرارتی موج (Heat wave) کی صورت میں زمین کے اندر چلتی ہے اور روزانہ موج (Diurnal wave) کہلاتی ہے - اس موج کے باعث زمین کے قشر (Crust) کے اندر کے نقاط پر ٹمپریچر کے روزانہ تغیرات (Diurnal variations) واقع ہوتے ہیں - اس طرح موسم گرما میں زمین کے تپنے اور موسم سرما میں زمین کے ٹھنڈا ہونے سے بھی زمین کے قشر (Crust) میں حرارتی موج (Heat wave) چلتی ہے جسے سالانہ موج (Annular wave) کہا جا سکتا ہے -

اس مفروضے کی بنا پر کہ یہ حرارتی موجیں پہلے تخمینے (First approximation) کی حد تک سادہ موسیقائی (Simple harmonic) خیال کی جا سکتی ہیں ، ہم اس مظہر کو ایک ڈھکی ہوئی سلاخ میں حرارت کے دوری (Periodic) بہاؤ کے مشابہ خیال کر سکتے ہیں جس کی مساوات (جو پچھلے اوراق میں بیان کی جا چکی ہے) یہ ہے :

$$\frac{d^2\theta}{dx^2}=\frac{\rho S}{K}\cdot\frac{d\theta}{dt}$$

اس مساوات کا حل دریافت کر کے اور اس حل کا تجزیہ کر کے معلوم ہو جاتا ہے کہ

$$\frac{K}{\rho S}=\frac{\lambda^2}{4\pi T}\text{......................}(i)$$

جب کہ λ ٹمپریچر کی موج کا طول (Wave lenght) ہے اور T اس کا پیریڈ (Period) ہے -

اوپر کی مساوات (i) بڑی کارآمد ہے - چنانچہ اس کی مدد سے λ کی قیمت نکالی جا سکتی ہے - علاوہ ازیں

$$v=\frac{\lambda}{T}$$

کے تعلق سے اس موج کی رفتار بھی معلوم کی جا سکتی ہے -

حساب لگانے سے معلوم ہوتا ہے کہ حرارت کی روزانہ موج (Diurnal wave) کے لیے λ کی قیمت 73 سنٹی میٹر اور رفتار v کی قیمت 3 سنٹی میٹر فی گھنٹہ ہوتی ہے - اسی طرح سالانہ موج کے لیے λ کی قیمت 1400 سنٹی میٹر اور اس کی رفتار v کی قیمت 0.17 سنٹی میٹر فی گھنٹہ (یا 3.9 سنٹی میٹر فی دن) ہوتی ہے - علاوہ ازیں روزانہ موج (Diurnal wave) زمین کے اندر قریباً 1 میٹر کی گہرائی تک اور سالانہ موج (Annual wave) قریباً 19 میٹر کی گہرائی تک جاتی ہے -

زمین کی عمر - جب زمین کے اندرون میں مختلف گہرائیوں کے ٹمپریچر کا مقابلہ کیا جائے تو معلوم ہوتا ہے کہ جوں جوں نیچے جایا جائے زمین کا ٹمپریچر بڑھتا جاتا ہے - بالعموم زمین کے اندر ہر سو فٹ کی گہرائی پر ٹمپریچر بقدر 1°C بڑھ جاتا ہے - اس سے ظاہر ہے کہ زمین کے مرکز سے اوپر کی طرف مسلسل طور پر حرارت کا بہاؤ جاری ہے - لارڈ کیلون نے یہ خیال ظاہر کیا کہ ابتدا میں زمین ایک پگھلا ہوا مادہ تھی جس کا ٹمپریچر قریباً 3900°C تھا - اس میں سے آہستہ آہستہ حرارت نکلتی گئی ، یہاں تک کہ قرن ها قرن کے بعد زمین نے موجودہ شکل اختیار کر لی - اس نے زمین میں سے حرارت کے اخراج کی شرح کا اندازہ تجربے سے لگایا اور اس کی بنا پر یہ فیصلہ دیا کہ اس شرح سے 3900°C ٹمپریچر کے پگھلے ہوئے مادے کو زمین کے اوپر کے موجودہ اوسط ٹمپریچر تک ٹھنڈا ہونے کے لیے دس کروڑ سال درکار ہوتے ہیں - اس وجہ سے ہماری زمین کی عمر دس کروڑ سال ہے -

ایک سائنس دان جالی ((Joly) نے سمندر میں نمک کی مقدار کا اندازہ لگایا اور پھر یہ معلوم کیا کہ دنیا بھر کے دریا جب سمندر میں گرتے ہیں تو کتنا نمک سمندر میں لے جاتے ہیں - اس سے اس نے ثابت کیا کہ جس شرح سے دریا سمندر میں نمک لے جا رہے ہیں ، اس سے سمندر میں موجودہ نمک کی مقدار دس کروڑ سال میں پوری ہو سکتی ہے - اس سے یہ بھی ثابت ہوتا ہے کہ زمین کی عمر دس کروڑ سال ، جو کیلون نے بالکل اور ذریعے سے معلوم کی ہے ، صحیح ہے -

موجودہ زمانے کے ماہرین ارضیات زمین کی اس عمر کو صحیح نہیں مانتے اور اسے دس کروڑ سے بہت زیادہ سمجھتے ہیں - چنانچہ سکاٹ لینڈ کے سائنس دان ہومز (Holms) نے زمین کی عمو 350 کروڑ سال مقرر کی ہے - لیکن ایک اور سائنس دان شمٹ (Schimidt) نے زمین کی عمر کو اس سے بھی زیادہ یعنی 500 کروڑ سال بتایا ہے -

حرارتی علیحدگی (Thermal insulation) - جب کسی جسم کو چاروں طرف سے کسی ایسی شے کے ذریعے جو حرارت کی ناقص موصل

(Bad conductor) هو ، لپیٹ دیا جائے تو اس جسم کو باهر سے حرارت نہیں پہنچ سکتی اور نہ اس جسم کی حرارت باهر نکل سکتی ہے - ایسا جسم حرارت کے نقطۂ نظر سے الگ تھلگ حیثیت اختیار کر لیتا ہے- اس لیے اسے حرارتی علیحدگی (Thermal insulation) کہتے ہیں - بعض اوقات اس کے لیے 'حرارتی حجز' کی اصطلاح بھی استعمال کی جاتی ہے - 'حجز' کے معنی پردے میں لپیٹ کر الگ تھلگ کر لینے کے ہیں - اس لحاظ سے جو شے جسم کے گرد لپیٹی جاتی ہے وہ حرارتی حاجز (Thermal insulator) کہلاتی ہے اور جسم جب ایسی شے کے اندر محصور هو جاتا ہے تو وہ محجوز (Insulated) کہلاتا ہے -

قدیم انسان نے اپنے تجربے سے معلوم کر لیا تھا کہ روئی ، اون ، پر ، اور سمور ایسی اشیا ہیں جو اس کے جسم کی گرمی کو محفوظ رکھتی ہیں اور موسم سرما میں اس کو سردی سے بچاتی ہیں - اس لیے وہ ان اشیا کو جو حرارت کی ناقص موصل (Bad conductor) ہیں ، اپنے جسم کے گرد کپڑوں وغیرہ کی صورت میں استعمال کرتا تھا اور یہ استعمال آج تک برابر جاری ہے -

ہوا حرارت کی بہت ناقص موصل ہے لیکن اگر ایک گرم جسم کو ہوا میں رکھ دیا جائے تو وہ جلد ہی ٹھنڈا ہو جاتا ہے - اس کی وجہ یہ ہے کہ ہوا میں بلا شبہ حرارت کا ایصال (Conduction) تو نہ ہونے کے برابر ہے ، لیکن کھلی ہوا میں ترسیل (Convection) کا عمل برابر ہوتا رہتا ہے اور اس کی وجہ سے ہوا میں رکھا ہوا گرم جسم رفتہ رفتہ ٹھنڈا ہو جاتا ہے - البتہ اون ، سمور ، برادہ وغیرہ ایسی اشیا ہیں جن کے اندر ہوا کے ذرے گھرے ہوئے موجود ہوتے ہیں - ہوا کے یہ ذرے اتنے چھوٹے ہوتے ہیں کہ ان میں ترسیل (Con-vection) کا عمل نہیں ہونے پاتا - ادھر ہوا کے ان ذروں میں حرارت کا ایصال (Conduction) نہ ہونے کے برابر ہوتا ہے - اس کا نتیجہ یہ ہے کہ یہ تمام اشیا حرارت کی بہت ناقص موصل (Bad conductor) بن جاتی ہیں -

اعلیٰ درجے کی حرارتی علیحدگی یا حجز (Insulation) پیدا کرنے کے لیے عموماً جن اشیا سے کام لیا جاتا ہے ان میں اسبسطوس (Asbestos) اون ، جانوروں کے بال و پر ، فیلٹ ، کارک ، گلاس وول (Glass wool) زیادہ مشہور ہیں ۔

حسابی مثالیں

Example 1. Calculate approximately the heat passing per hour through the walls and windows of a room 5 by 5 by 5 metres, if the walls are of bricks of thickness 30 cms. and have windows of glass 3mm. thick and total area 5 square metres. The temperature of the room is 30°C below that of the outside and the thermal conductivity of bricks and of glass is 12×10^{-4} and 25×10^{-4} C.G.S. units respectively.

ایک کمرہ $5\times5\times5$ میٹر ہے ۔ اس کی دیواریں اینٹوں کی بنی ہیں اور 30 سنٹی میٹر موٹی ہیں ۔ اس کی کھڑکیوں کے شیشے 3 ملی میٹر موٹے ہیں اور ان کا کل رقبہ 5 مربع میٹر ہے ۔ کمرے کا اندرونی ٹمپریچر بیرونی ٹمپریچر سے 30°C نیچے ہے ۔ اگر اینٹوں کی حرارتی ایصالیت 12×10^{-4} اور شیشے کی حرارتی ایصالیت 25×10^{-4} (سی-جی-ایس یونٹ) ہو تو معلوم کرو کہ اس کمرے کی دیواروں اور کھڑکیوں میں سے تخمیناً کتنی حرارت فی گھنٹہ گزر رہی ہو گی ۔

دیوار میں سے گزرنے والی حرارت $=Q_1$

دیوار کی حرارتی ایصالیت $=K_1=12\times10^{-4}$

ٹمپریچر کا فرق $=(\theta_1-\theta_2)=30°C$

وقت $=t=1\ hr=3600$ sec.

دیوار کی موٹائی $=l_1=30$ cms.

دیواروں کا کل رقبہ $=5(5+5)\times 2=100$ sq. meters

$=1000000$ sq. cms.

کھڑکیوں کا کل رقبہ $=A_2=5$ sq. m. $=50000$ sq. meters

اینٹوں کی دیواروں کا رقبہ $=A_1=1000000-A_2$

$=1000000-50000=9500$ sq. meters

کھڑکیوں میں سے گزرنے والی حرارت $=Q_2$

کھڑکیوں کے شیشے کی موٹائی $=l_2=3\text{mm}=0.3$ cms.

شیشے کی حرارتی ایصالیت $=K_2=25\times 10^{-4}$

$$\because\ Q_1=\frac{K_1A_1\,(\theta_1-\theta_2)\,t}{l_1}$$

$$\therefore\ Q_1=\frac{12\times 10^{-4}\times 950000\times 30\times 3600}{30}$$

$=4104000$ کلوری

$$\because\ Q_2=\frac{K_2A_2\,(\theta_1-\theta_2)\,t}{l_2}$$

$$\because\ Q_2=\frac{25\times 10^{-4}\times 50000\times 30\times 3600}{0.3}$$

$=45000000$ Calories

کل حرارت $=Q_1+Q_2=4104000+45000000$

$=49104000$ Calories

Example 2. Calculate the rate of increase of the thickness of ice layer on a lake, when the thickness of ice is 20 cms. and the air temperature is $-40°$C. Thermal conductivity of ice is 0·004 units, density of ice is 0·92 gm/c.c. and its latent heat is 80 cals./gm

ایک جھیل کی سطح پر برف کی تہ جمی ہوئی ہے اس تہ کی موٹائی میں زیادتی کی شرح معلوم کرو جب کہ برف کی اس تہ کی موٹائی 20 سنٹی میٹر ہو اور بیرونی ہوا کا ٹمپریچر —40°C ہو۔ برف کی حرارتی ایصالیت 0.004 یونٹ ہے۔ اس کی کثافت 0·92 گرام فی مکعب سنٹی میٹر ہے اور اس کی مخفی حرارت 80 کلوری فی گرام ہے۔

چونکہ بیرونی ہوا کا ٹمپریچر —40°C اور برف اور پانی کا ٹمپریچر 0°C ہے اس لیے پانی سے حرارت برف میں سے گزر کر ہوا کو جاتی ہے اور پانی کی ایک مقدار فی سیکنڈ منجمد ہو کر برف کی تہ کے ساتھ لگتی جاتی ہے جو اس کی موٹائی کو بڑھاتی ہے۔ موٹائی میں یہی زیادتی معلوم کرنا مطلوب ہے۔

$Q=$ فی سیکنڈ خارج ہونے والی حرارت

$0\cdot004=K=$ برف کی حرارتی ایصالیت

$A=$ برف کی تہ کا رقبہ

$40°C=0°C-(-40°C)=\theta_1-\theta_2=$ ٹمپریچر کا فرق

(سیکنڈ) $1=t=$ وقت

20 cms. $=l=$ برف کی تہ کی موٹائی

$0\cdot92=\rho=$ برف کی کثافت

$80=L=$ برف کی مخفی حرارت

$m=$ فی سیکنڈ نئی بننے والی برف کی کمیت

$\frac{m}{0\cdot92}=\frac{m}{\rho}=v=$ اس نئی برف کا حجم

$A=$ اس نئی برف کا رقبہ

$x=$ اس نئی برف کی مطلوبہ موٹائی

∵ $\text{حجم} = \text{رقبہ} \times \text{موٹائی}$

∵ $v = Ax$

یا $\frac{m}{0 \cdot 92} = Ax$

یا $m = 0 \cdot 92 \, A \, x$

$\text{نئی برف کی حاصل کردہ حرارت} = mL = 0 \cdot 92 \, A \, x \times 80$

$\text{پانی کی خارج کردہ حرارت} = Q = \frac{KA(\theta_1 - \theta_2) \times t}{l}$

$$= \frac{0 \cdot 004 \times A \times 40 \times 1}{20} = 0 \cdot 008 \, A$$

∵ $\text{حاصل کردہ حرارت} = \text{خارج کردہ حرارت}$

∴ $0 \cdot 92 \, A \, x \times 80 = 0 \cdot 008 \, A$

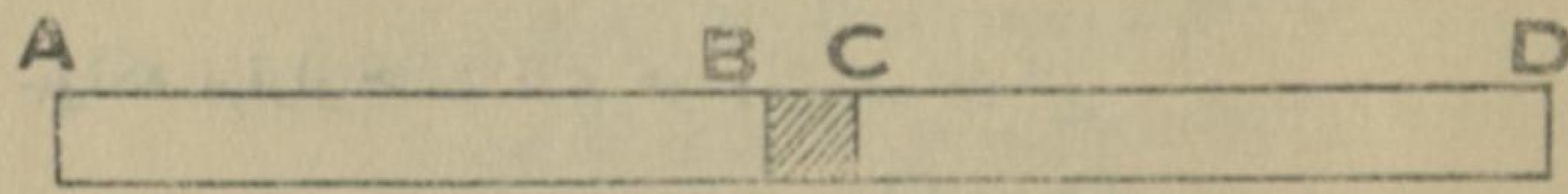
یا $x = \frac{0 \cdot 008}{0 \cdot 92 \times 80} = \frac{1}{9200} = 0 \cdot 00011 \text{ cm.}$

Example 3. Equal bars of copper and aluminium are joined together end to end with a thin strip of a bad conducting substance in the inter-space. If the free ends of copper and aluminium are maintained at 100°C and 0°C respectively, find the temperature of the interspace which is assumed to remain constant. The thermal conductivity of copper and aluminium is 0·92 and 0·50 respectively.

تانبے اور الومینیم کی دو سلاخوں کے ایک ایک سرے کے درمیان کسی ناقص موصل شے کی دھجی رکھ کر انہیں ملا دیا گیا ہے - اگر تانبے کے کھلے سرے کو 100°C پر اور الومینیم کے کھلے سرے کو 0°C پر بر قرار رکھا جائے تو ان کی درمیانی جگہ کا ٹمپریچر (جو مفروضہ طور پر مستقل رہتا ہے) معلوم کرو -

تانبے کی حرارتی ایصالیت 0·92 اور الومینیم کی حرارتی ایصالیت 0·50 یونٹ ہے -

تانبے کی سلاخ AB اور الومینیم کی سلاخ CD ہے جن کے



درمیان BC دھجی ہے جس کا ٹمپریچر θ دریافت کرنا مطلوب ہے - تانبے کی سلاخ کے A سرے کا ٹمپریچر 100°C ہے اور الومینیم کی سلاخ کے D سرے کا ٹمپریچر 0°C ہے -

تانبے کی سلاخ میں ایصال شدہ حرارت $=Q_1$

اس سلاخ کی سیدھی کاٹ کا رقبہ $=A_1$

اس سلاخ کی لمبائی $=l$

اس کے سروں کے ٹمپریچر کا فرق $=\theta_1-\theta_2=(100-\theta)$

تانبے کی حرارتی ایصالیت $=K=0·92$

وقت $=t$

$$\because \quad Q=\frac{KA\ (\theta_1-\theta_2)t}{l}$$

$$\therefore \quad Q=\frac{0·92\ A(100-\theta)t}{l}$$

الومینیم کی سلاخ میں ایصال شدہ حرارت $=Q_1$

اس سلاخ کی سیدھی کاٹ کا رقبہ $=A$

اس سلاخ کی لمبائی $=l$

اس کے سروں کے ٹمپریچر کا فرق $=\theta_1'-\theta_2'=\theta-0$

الومینیم کی حرارتی ایصالیت $=K_2=0·50$

وقت $=t$

$$\because \quad Q_2=\frac{KA\,(\theta'_1-\theta'_2)t}{l}$$

$$\therefore \quad Q_2=\frac{0{\cdot}50\ A(\theta-0)t}{l}$$

چونکہ برقرار حالت قائم ہو چکی ہے اس لئے

$$Q_1=Q_2$$

$$\therefore \quad \frac{0.92\ A\ (100-\theta)\ t}{l}=\frac{0.50A(\theta-0)t}{l}$$

یا $$0{\cdot}92\ (100-\theta)=0{\cdot}50\ \theta$$

$$92-0{\cdot}92\ \theta=0{\cdot}50\ \theta$$

یا $$1{\cdot}42\ \theta=92$$

$$\therefore \quad \theta=\frac{92}{1{\cdot}42}=64{\cdot}8°C$$

Example 4. A steady stream of water is flowing at the rate of 500 gms. a minute through a glass tube 30 cms long, 1 cm. in external diameter and 8 mm. in bore, the outside of which is surrounded by steam at a pressure of 760 mm. of mercury. As it passes through the tube, its temperature is raised from 20°C to 30°C. Find the thermal conductivity of glass.

شیشے کی ایک نلی کی لمبائی 30 سنٹی میٹر، ہے اس کا بیرونی قطر 1 سنٹی میٹر اور اندرونی قطر 8 ملی میٹر ہے۔ اس کے اندر پانی کی ایک برقرار رو 500 گرام فی منٹ کی شرح سے چل رہی ہے۔ یہ نلی باہر سے بھاپ سے گھری ہوئی ہے جس کا دباؤ پارے کے 760 ملی میٹر کے برابر ہے۔ جب پانی اس میں بہتا ہے تو اس کا ٹمپریچر 20°C سے بڑھ کر 30°C ہو جاتا ہے۔ شیشے کی حرارتی ایصالیت معلوم کرو۔

ایک منٹ میں بہنے والے پانی کی کمیت $= 500$ gm.

ایک سیکنڈ میں بہنے والے پانی کی کمیت $= m = \frac{500}{60} = \frac{25}{3}$ gm.

پانی کا پہلا ٹمپریچر $= \theta_1 = 20°C$

پانی کا آخری ٹمپریچر $= \theta_2 = 30°C$

پانی کی حاصل کردہ حرارت $= Q = m(\theta_2 - \theta_1)$

$$= \frac{25}{3}(30 - 20) = \frac{250}{3}$$

بھاپ کا ٹمپریچر $= \theta_3 = 100°C$

نلی کا اندرونی قطر $= 8$ mm $= 0{\cdot}8$ cm.

نلی کا اندرونی نصف قطر $= r_1 = 0{\cdot}4$ cm.

نلی کا بیرونی قطر $= 1$ cm.

نلی کا بیرونی نصف قطر $= r_2 = 0{\cdot}5$ cm.

نلی کی لمبائی $= l = 30$ cms.

$$\because \quad K = \frac{Q \times 2{\cdot}3 \log \frac{r_2}{r_1}}{2\pi l \left(\theta_2 - \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right)}$$

$$\therefore \quad K = \frac{\frac{25}{3} \times 2{\cdot}3 \log\left(\frac{0{\cdot}5}{0{\cdot}4}\right)}{2 \times \frac{22}{7} \times 30\left(100 - \frac{20+30}{2}\right)}$$

$$= 0.001315$$ (یونٹ)

سوالات

Q. 1. What are the three modes of the transmission of heat ? Give the definition of each.

حرارت کے انتقال کے تین طریقے کون سے ہیں ؟ ان میں سے ہر طریقے کی تعریف کرو ۔

Q. 2. Explain what you understand by a steady state. Illustrate your answer with a simple experiment.

واضح کیجیے کہ برقرار حالت سے آپ کی کیا مراد ہے ۔ ایک سادہ تجربے سے اپنے جواب کی وضاحت کیجیے ۔

Q. 3. Give an expression for the heat Q transmited in time t through a sheet of area A and thickness l, when its two faces are maintained at temperature θ_1 and θ_2. Deduce the definition of thermal conductivity from this expression.

ایک چادر میں سے ، جس کا رقبہ A اور موٹائی l ہو ، وقت t میں گزرنے والی حرارت Q کے لیے کلیہ بیان کرو جب کہ چادر کے دونوں رخوں کا ٹمپریچر θ_1 اور θ_2 ہو ۔ اسی کلیے سے حرارتی ایصالیت کی تعریف اخذ کرو ۔

Q. 4. (*a*) Define Thermal conductivity. What are its dimensions ?

(*d*) What is meant by Temeprature gradient ? How will you define Thermal conductivity in term of temperature gradient?

(ا) حرارتی ایصالیت کی تعریف کیجیے ۔ اس کے ابعاد کیا ہیں ؟

(ب) ٹمپریچر کی ڈھال ، سے کیا مراد ہے ؟ آپ حرارتی ایصالیت کی تعریف ٹمپریچر کی ڈھال میں کس طرح کریں گے ؟

Q. 5. Discuss the flow of heat through a rod and prove the relation

$$\theta=\theta_0 e^{-\mu x}$$

for the steady state, when the rod is uncovered.

ایک سلاخ میں حرارت کے بہاؤ پر بحث کیجیے اور برقرار حالت کے لیے،
جب سلاخ باہر سے ڈھانپی ہوئی نہ ہو ، ذیل کے تعلق کو ثابت کیجیے:

$$\theta=\theta_\circ e^{-\mu x}$$

G. 6. Heat is flowing through a rod, which is covered from outside so as to stop radiation, and the steady state is reached. Show that

$$\theta=\theta_\circ-\frac{\theta_\circ-\theta_1}{l}x$$

where θ_0 is the temperature of the hot end and θ_1 that of cold end of the rod, l is the length of the rod and θ is its temperature at distance x from the hot end.

ایک سلاخ میں سے حرارت بہہ رہی ہے اور سلاخ باہر سے ڈھکی
ہوئی ہے جس سے اس کی سطح پر سے اشعاع کا عمل بند ہے - برقرار
حالت قائم ہونے کی صورت میں ثابت کرو کہ

$$\theta=\theta_0-\frac{\theta_0-\theta_1}{l}x$$

جب کہ θ_0 سلاخ کے گرم سرے کا ٹمپریچر اور θ_1 اس کے ٹھنڈے سرے کا
ٹمپریچر ہو، l سلاخ کی لمبائی ہو اورگرم سرے سے x فاصلے پر ٹمپریچر θ ہو-

Q. 7. Derive an expression for the heat flowing through the wall of a spherical shell of internal radius r_1 and external radius r_2.

ایک کروی خول میں سے جس کا اندرونی نصف قطر r_1 اور بیرونی
نصف قطر r_2 ہو حرارت کے بہاؤ کے لیے کلیہ اخذ کیجیے -

Q. 8. If heat Q is flowing per second through the wall of a cylinderical tube of internal radius r_1, external radius r_2, length l and thermal conductivity K, prove that

$$Q=\frac{2\pi Kl\,(\theta_1-\theta_2)}{\log\frac{r_2}{r_1}}$$

where the temperatures of its inner and outer faces are θ_1 and θ_2 respectively

اگر ایک سلنڈری نلی میں سے جس کا اندرونی نصف قطر r_1 ، بیرونی نصف قطر r_2 ، طول l اور حرارتی ایصالیت K ھو ، ایک سیکنڈ میں حرارت Q بہہ رھی ھو تو ثابت کرو کہ

$$Q = \frac{2\pi K l (\theta_1 - \theta_2)}{\log \frac{r_2}{r_1}}$$

جب کہ نلی کے اندرونی اور بیرونی رخوں کے ٹمپریچر بالترتیب θ_1 اور θ_2 ھوں ۔

Q. 9. Describe Ingen-Hausz apparatus. How can the thermal conductivity of various metallic rods be compared with it ? Prove the formula used.

انجن ھاز کے آلے کی تشریح کرو ۔ اس کی مدد سے مختلف دھاتوں کی سلاخوں کی حرارتی ایصالیت کا مقابلہ کس طرح کیا جاتا ھے ؟ زیر استعمال فارمولے کو بھی ثابت کرو ۔

Q. 10. How can the thermal conductivity of a metal be determined by Searle's method ?

کسی دھات کی حرارتی ایصالیت سرل کے طریقے سے کس طرح معلوم ھو سکتی ھے ؟

Q. 11. Describe Lees' method for determining the thermal conductivity of a metal. What is its special advantage ?

کسی دھات کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنے کے لیے لیز کا طریقہ بیان کیجیے۔ اس طریقے کا خاص فائدہ کیا ھے ؟

Q. 12. Describe Forbe's method of determining the thermal conductivity of a metallic rod, giving details of the static experiment and the dynamic experiment.

دھات کی ایک سلاخ کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنے کے لیے فوربز کا طریقہ بیان کیجیے اور سکونی تجربے اور حرکتی تجربے کی تفصیل دیجیے ۔

Q. 13. Show how the thermal conductivity of a metal can be determined by Angstrom's method.

واضح کیجیے کہ کسی دھات کی حرارتی ایصالیت آنگ سٹرام کے طریقے سے کس طرح معلوم کی جا سکتی ہے -

Q. 14. Explain Lee's disc method for determining the thermal conductivity of a bad conductor.

ایک ناقص موصل شے کی حرارتی ایصالیت معلوم کرنے کے لیے لیز کے قرص کے طریقے کی تشریح کرو -

Q. 15. Describe the method by which the thermal conductivity of (*a*) rubber tube (*b*) glass tube can be determined.

وہ طریقہ بیان کیجیے جس سے (الف) ربڑ کی ایک نلی (ب) شیشے کی ایک نلی کی حرارتی ایصالیت معلوم کی جا سکے -

Q. 16. What do you know about the thermal conductivity of crystals? How would you show that same crystals have different conductivity along different directions.

کرسٹلوں یعنی قلموں کی حرارتی ایصالیت کے متعلق آپ کیا جانتے ھیں ؟ آپ کس طرح ظاھر کریں گے کہ بعض کرسٹلوں کی حرارتی ایصالیت مختلف سمتوں میں مختلف ھوتی ہے ؟

Q. 17. Describe a method by which the thermal conductivity of a liquid can be determined.

ایک طریقہ بیان کرو جس سے کسی مائع کی حرارتی ایصالیت معلوم کی جا سکے -

Q. 18. Show how the thermal conductivity of a gas can be dctermined by experiment.

واضح کرو کہ کسی گیس کی حرارتی ایصالیت تجربے سے کس طرح معلوم کی جاتی ہے -

Q. 19. Explain Wiedmann Franz law relating to the thermal conductivity and electric conductivity of metals.

دھاتوں کی حرارتی ایصالیت اور برق ایصالیت کے بارے میں ویڈمان اور فرنیز کا قانون بیان کیجیے -

Q. 20. Write brief notes on

(*a*) Conductivity of earth's crust.

(*b*) Age of the earth.

(*c*) Thermal insulation.

مندرجہ ذیل پر نوٹ لکھیے :

(ا) زمین کے قشر کی ایصالیت -

(ب) زمین کی عمر -

(ج) حرارتی علیحدگی (یا حجز) -

چودھواں باب

ترسیل حرارت اور کرہ ہوائی

(CONVECTION OF HEAT AND ATMOSPHERE)

ترسیل حرارت (Convection of heat) حرارت کے انتقال کا وہ طریقہ ہے جس میں گرم شدہ ذرے ایک مقام سے باقاعدہ طور پر حرکت کرکے دوسرے مقام پر حرارت کو لے کر جاتے ہیں اور دوسرے مقامات کے ذرے ان کی جگہ لینے کو آتے ہیں اور اپنی باری پر وہ بھی حرارت لے کر اور گرم ہو کر چلے جاتے ہیں ۔ اس طرح یہ عمل جاری رہتا ہے ۔ چونکہ اس عمل میں ذروں کی باقاعدہ نقل مکانی ہوتی ہے ، اس لیے یہ عمل ٹھوس اجسام میں نہیں ہو سکتا ، کیونکہ ٹھوس جسم کے ذرے آپس میں سختی سے بندھے ہوئے رہتے ہیں ، البتہ مائعات اور گیسوں کے ذرے نسبتاً کھلے کھلے ہوتے ہیں ؛ اس لیے حرارت سے ان میں حرکت پیدا ہو جاتی ہے اور ترسیل (Convection) کا عمل شروع ہو جاتا ہے ۔

ترسیل حرارت کی دو واضح قسمیں (۱) آزاد ترسیل (Free convection) یا قدرتی ترسیل (Natural convection) اور (۲) جبری ترسیل (Forced convection) ہیں ۔

جب کوئی گرم جسم ساکن ہوا میں پڑا ہو اور ترسیلی روؤں (Convection currents) کے سوا اس ہوا میں کوئی اور حرکت نہ ہو رہی ہو تو ان حالات میں ہوا میں پیدا شدہ ترسیل (Convection)، آزاد ترسیل (Free convection) یا قدرتی ترسیل (Natural convection) ہوتی ہے ۔ لیکن جب کوئی گرم جسم ہوا میں پڑا ہو اور ہوا

خود حرکت میں ہو جس کے باعث اس کے جھونکے گرم جسم کے ساتھ تیزی سے مسلسل لگتے ہوں تو ان حالات میں ہوا میں پیدا شدہ ترسیل (Convection) ، جبری ترسیل (Forced convection) ہوتی ہے -

جبری ترسیل (Forced convection) - نیوٹن نے متحرک ہوا کے مسلسل جھونکوں کے درمیان ایک گرم جسم کے ٹھنڈا ہونے کی کیفیت کا مطالعہ کیا - اس حالت میں جسم کا ٹھنڈا ہونا زیادہ تر ہوا میں جبری ترسیل (Forced convection) کے ذریعے ہوتا ہے اور اس میں اشعاع (Radiation) کا بہت کم دخل ہوتا ہے - اس تحقیقات سے نیوٹن نے یہ نتیجہ نکالا کہ ہوا کے مسلسل جھونکوں کے درمیان کسی جسم کے ٹھنڈا ہونے کی شرح اردگرد کے ٹمپریچر کی زیادتی کے متناسب ہوتی ہے - اس کو **نیوٹن کا ٹھنڈک کا قانون** (Newton's law of cooling) کہتے ہیں -

یہ قانون حقیقت میں ترسیل (Convection) سے متعلق ہے - اشعاع (Radiation) سے اس کا تعلق نہیں ہے جیسا کہ عام طور پر غلطی سے سمجھا جاتا ہے - اصلیت یہ ہے کہ جب ہوا تیز تیز چل رہی ہو جس کے باعث ترسیل (Convection) کا عمل تو قوی ہو جائے مگر اشعاع (Radiation) کا عمل اس کے مقابلے میں قابل نظر انداز ہو تو یہ قانون ٹمپریچر کے کافی بڑے فرق کے درمیان پورا اترتا ہے - چنانچہ ایک سائنس دان ، مچل (Mitchell) نے تانبے کے ایک گرم گولے پر جس کا قطر 5 سنٹی میٹر تھا ، ہوا میں ٹھنڈا ہونے کی تحقیق کی - جب ہوا تیز تیز چل رہی تھی اور اس کی رفتار 1666 سنٹی میٹر فی سکینڈ تھی تو اس نے معلوم کیا کہ ایسی حالت میں جب گولے کا ٹمپریچر اردگرد کی ہوا کے ٹمپریچر سے بقدر 200°C زیادہ تھا تو بھی نیوٹن کا ٹھنڈک کا قانون اس پر پوری طرح صادق آتا تھا -

بعد میں ایک سائنس دان کنگ (King) نے پلاٹینم کے ایک تار کو جسے برق رو کے ذریعے بہت سخت گرم کیا گیا تھا ، تیز ہوا میں ٹھنڈا ہونے دیا تو اسے معلوم ہوا کہ ٹمپریچر کے 1200°C کے فرق تک بھی یہ قانون صحیح ثابت ہوتا تھا -

نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کے متعلق یہ جاننا چاہیے کہ جب گرم جسم اور اردگرد کی ہوا کے ٹمپریچر کا فرق بہت زیادہ ہو اور ہوا ساکن ہو یا مدھم مدھم چل رہی ہے تو یہ قانون پورے طور پر ٹھیک نہیں آترتا جس کی وجہ یہ ہے کہ اس حالت میں ترسیل (Convection) کا عمل کم ہو جاتا ہے اور اشعاع (Radiation) کا عمل اس کے مقابلے میں قابل نظر انداز نہیں رہتا ۔ البتہ اس حالت میں اگر ٹمپریچر کا فرق بہت کم ہو تو پھر یہ قانون خاص حدود کے اندر صحیح رہتا ہے ۔ اس وجہ سے ساکن ہوا میں نیوٹن کے قانون کا اطلاق صرف اس صورت میں کرنا چاہیے حب گرم جسم کا ٹمپریچر ہوا کے ٹمپریچر کے مقابلے میں زیادہ تو ہو مگر بہت زیادہ نہ ہو ۔ البتہ اگر ہوا تیز تیز چل رہی ہو تو پھر اس قانون کا اطلاق ٹمپریچر کے فرق کے زیادہ ہونے کی صورت میں بھی کامیابی کے ساتھ کیا جا سکتا ہے ۔

نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کی ریاضیاتی توجیہ ۔ فرض کیجیے کہ ایک گرم جسم کی کمیت (Mass) m ہے، اس کی حرارت مخصوصہ (Specific heat) S ہے اور اردگرد کے مقابلے میں اس کا ٹمپریچر بقدر θ آونچا ہے ۔ تب اگر وہ ایک قلیل سے وقت dt میں حرارت dQ خارج کرتا ہے جس سے اس کا ٹمپریچر $d\theta$ تک نیچے گر جاتا ہے تو

$$dQ = -mSd\theta \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اس حرارت کو منفی کی علامت اس لیے دی گئی ہے کیونکہ یہ حرارت خارج ہوتی ہے اور اس لحاظ سے منفی ہوتی ہے ۔

چونکہ نیوٹن کے قانون کے مطابق ٹھنڈا ہونے کی شرح یعنی $\frac{dQ}{dt}$ ٹمپریچر θ کے متناسب ہے اس لیے

$$\frac{dQ}{dt} = K\theta$$

جب کہ K ایک مستقل ہے ۔

اس سے پہلے ہم نے حرارتی ایصالیت کو حرف K سے تعبیر کیا

تھا - مگر اس K کا حرارتی ایصالیت سے کچھ تعلق نہیں ہے - یہ K ایک بالکل الگ قسم کا مستقل ہے -

$$\therefore \qquad dT = K\theta dt \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

(i) اور (ii) سے

$$K\theta dt = -mSd\theta$$

یا

$$dt = -\frac{mSd\theta}{K\theta}$$

اس پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے

$$\int dt = -\frac{mS}{K}\int\frac{d\theta}{K\theta}$$

یا

$$t = -\frac{mS}{K}\log\theta + C\ldots\ldots\ldots(iii)$$

جب کہ C تکمیلی عمل (Integration) کا مستقل (Constant) ہے- اس کی قیمت معلوم کرنے کے لیے یہ امر زیر غور لاؤ کہ جب t کی قیمت صفر ہوتی ہے یعنی ابھی ٹھنڈا ہونے کا عمل شروع نہیں ہوا ہوتا تو اس وقت θ کی قیمت θ_0 ہوتی ہے جو گرم جسم کے لیے θ کی شروع کی قیمت ہے - اس لیے مساوات (iii) میں t کو 0 اور θ کو θ_0 رکھنے سے

$$0 = -\frac{Sm}{K}\log\theta_0 + C$$

$$\therefore \qquad C = \frac{mS}{K}\log\theta_0$$

C کی اس قیمت کو (iii) میں شامل کرنے سے

$$t = -\frac{mS}{K}\log\theta + \frac{mS}{K}\log\theta_0$$

$$\therefore \qquad t = -\frac{mS}{K}(\log\theta - \log\theta_0)$$

یا $$t = -\frac{mS}{K} \log \frac{\theta}{\theta_0}$$

اس مساوات سے معلوم ہو جاتا ہے کہ کوئی جسم θ_0 سے کتنے وقت t کے بعد ٹھنڈا ہو کر θ تک آ جائے گا۔

نوٹ ۔ ایک بار پھر یہ حقیقت دھیان میں رکھیے کہ θ جسم کا ٹمپریچر نہیں ہے بلکہ جسم کے ٹمپریچر اور اردگرد کے ٹمپریچر کا فرق ہے اور یہی کیفیت θ_0 کی ہے۔

θ اور θ_0 میں تعلق ۔ چونکہ اوپر کی مساوات کے مطابق

$$t = -\frac{mS}{K} \log \frac{\theta}{\theta_0}$$

یا $$\log \frac{\theta}{\theta_0} = -\frac{Kt}{mS}$$

$$\therefore \quad \frac{\theta}{\theta_0} = e^{-\frac{Kt}{mS}}$$

یا $$\theta = \theta_0 e^{-\frac{Kt}{mS}}$$

یہ مساوات θ کے کج خط (Curve) کو ظاہر کرتی ہے جو قوت نمائی (Exponential) نوعیت کا ہے ۔ اس مساوات کی مدد سے یہ معلوم ہو جاتا ہے کہ جب کوئی گرم جسم ٹھنڈا ہو رہا ہو تو ایک خاص وقت t کے گزرنے کے بعد اس کے ٹمپریچر θ کی قیمت کیا ہو گی۔

جبری ترسیل اور قدرتی ترسیل میں ٹھنڈا ہونے کی شرح ۔ جیسا کہ اوپر بیان ہو چکا ہے جبری ترسیل (Forced convection) کے دوران میں جب گرم جسم کے ساتھ ہوا کے تیز جھونکے متواتر لگ رہے ہوں تو ٹھنڈا ہونے کی شرح $\frac{dQ}{dt}$ ، اردگرد سے اس ٹمپریچر کے فرق θ کے متناسب

ہوتی ہے ۔ اس لحاظ سے

$$\frac{dQ}{dt} \propto \theta$$

اب اگر اردگرد کا ٹمپریچر θ_0 ہو اور جسم کا اپنا ٹمپریچر کسی لمحے θ' ہو تو

$$\theta = \theta' - \theta_0$$

$$\frac{dQ}{dt} \propto (\theta' - \theta_0)$$

یا

$$\frac{dQ}{dt} = -K(\theta' - \theta_0)$$

جب کہ K ایک مستقل ہے ۔

اس مساوات میں دائیں طرف کی مقدار کو منفی کی علامت اس لیے دی گئی کہ یہ حرارت کے خارج ہونے یعنی جسم میں سے حرارت کے منفی ہونے کی کیفیت کو ظاہر کرتی ہے ۔

یہ مساوات نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون (Newton's law of cooling) کی مساوات ہے جو اس حالت میں صادق آتی ہے جب کوئی جسم جبری ترسیل (Forced convection) کے ماتحت ہوا کے تیز جھونکوں کے مسلسل لگنے کے دوران میں ٹھنڈا ہو رہا ہو ۔

ایک سائنس دان لورینز (Lorenz) نے 1881ء میں ریاضی کی رو سے ثابت کیا کہ جب کوئی گرم جسم ساکن ہوا میں رکھا ہوا ہو جہاں اس پر قدرتی ترسیل (Natural convection) کا عمل ہو رہا ہو تو اس کے ٹھنڈا ہونے کی شرح $\frac{dQ}{dt}$ اب $(\theta' - \theta_0')$ کے متناسب نہیں ہوتی بلکہ وہ $(\theta' - \theta'_0)^{\frac{5}{4}}$ کے متناسب ہوتی ہے ۔ اس لحاظ سے قدرتی ترسیل (Natural convection) کے دوران میں

$$\frac{dQ}{dt} = -K(\theta' - \theta'_0)^{\frac{5}{4}}$$

اسے پانچ بٹہ چار طاقت (Five fourth power) کا قانون کہتے ہیں۔ ایک سائنس دان لانگ میور (Longmuir) نے 1913ء میں اس قانون کی تحقیق تجربے سے کی اور اسے درست پایا۔

کرہ ہوائی (Atmosphere) - چونکہ کرہ ہوائی میں ترسیل (Convection) کا عمل عام ہے، اس لیے ترسیل کے بیان کے بعد کرہ ہوائی کا تذکرہ مناسب معلوم ہوتا ہے۔

کرہ ہوائی زمین کے اردگرد ہوا کا ایک بہت اونچا غلاف ہے جس نے زمین کے کرے کو چاروں طرف سے لپیٹ رکھا ہے۔ اسی غلاف کے اندر ہماری ساری زندگی بسر ہوتی ہے۔ کرہ ہوائی کی اونچائی پہلے پہل 200 میل تک سمجھی جاتی تھی۔ اس سے اوپر خیال یہ تھا کہ ہوا ختم ہو جاتی ہے۔ لیکن جدید تحقیقات نے اس خیال کو غلط ثابت کر دیا ہے، کیونکہ بلا شبہ 200 میل کی بلندی پر ہوا بے حد زیادہ لطیف ہو جاتی ہے اور اس کے مالیکیول اتنے تھوڑے اور اتنے دور دور ہوتے ہیں کہ عملی طور پر اس ہوا کا ہونا نہ ہونا برابر ہوتا ہے۔ لیکن اس کے باوجود چونکہ ہوا کے مالیکیول اس بلندی کے اوپر فی الواقعہ موجود ہوتے ہیں، اس وجہ سے یہ کہنا صحیح نہیں ہوتا کہ 200 میل کی بلندی پر کرہ ہوائی ختم ہو گیا ہے۔ اس نقطہ نظر سے کرہ ہوائی کی بلندی 2000 میل ہے، کیونکہ اس بلندی پر پہنچ کر ہوا کے مالیکیول بالکل باقی نہیں رہتے اور ہوا کے تمام مادی اثرات ختم ہو جاتے ہیں جس کے بعد خلا (Space) شروع ہو جاتی ہے۔

کرہ ہوائی کی جدید تحقیقات 1898ء سے شروع ہوتی ہے جب ایک سائنس دان بورٹ (Bort) نے اس کی بنیاد رکھی۔ اس وقت سے آج تک تحقیقات کا یہ سلسلہ جاری ہے جس کے نتیجے میں اگرچہ کرہ ہوائی کے بارے میں بہت سی کار آمد باتیں معلوم ہو چکی ہیں لیکن اس کے ساتھ یہ بھی ماننا پڑتا ہے کہ اس تحقیقات کی ابھی تکمیل نہیں ہوئی اور اس بارے میں ابھی بہت سی معلومات حاصل کرنا باقی ہیں۔

کرہ ہوائی کے طبقے - کرہ ہوائی ذیل کے واضح طبقوں میں منقسم ہے -

۱ - **متغیرہ کرہ** (Tropo-sphere) - ہوا کا یہ کرہ زمین کے ساتھ لگا ہوا ہے - اس کی بلندی خط استوا پر 10 میل اور قطبین پر 5 میل ہے - ہوا کی کثافت (Density) اس کرے میں سب سے زیادہ ہے - یہی وجہ ہے کہ اگرچہ پورے کرہ ہوائی (Atmosphere) کے مقابلے میں اس کرے کا حجم محض $\frac{1}{300}$ یعنی 0.3 فی صد ہے ، لیکن اس کا وزن پورے کرہ ہوائی کا 79 فی صد ہے - اس کرے میں ترسیلی روئیں (Convection currents) اوپر نیچے بکثرت چلتی ہیں جس کے باعث اس کے ہر حصے میں ہوا کی ترکیب قریباً یکساں رہتی ہے - اس کرے کی ہوا میں 78 فی صد نائٹروجن ، 21 فی صد آکسیجن ، 0.9 فیصد آرگن اور 0.03 فی صد کاربن ڈائی اوکسائڈ پائی جاتی ہے - اس کے علاوہ بعض دیگر گیسوں کے بھی نشانات ملتے ہیں - اس کرے میں آبی بخارات کی مقدار متغیر رہتی ہے، جس کا تناسب نہایت خشک ہوا میں 0.005 فی صد اور نہایت مرطوب ہوا میں 4 فی صد ہوتا ہے - اس حصے کی ہوا میں نیچے سے اوپر کو ٹمپریچر کا ڈھال (Temperature gradiant) پایا جاتا ہے جس کی قیمت 6°C فی میل ہوتی ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ اس کرہ میں نیچے سے اوپر جاتے ہوئے ایک میل کی بلندی پر جو ٹمپریچر ہوتا ہے ، دو میل کی بلندی پر یہ ٹمپریچر اس سے بقدر 6°C کم ہوجاتا ہے - ٹمپریچر کے یہ تغیرات اس کرے میں اوپر کی حد تک پائے جاتے ہیں جس کے باعث اس کرے کو **متغیرہ کرہ** (Tropo-sphere) کا نام دیا گیا ہے - البتہ اس حد تک پہنچ کر ٹمپریچر ایک خاص قیمت پر ٹھہر جاتا ہے اور مزید بلندی کو جاتے ہوئے اس قیمت سے گھٹنے نہیں پاتا - اس حد کو **ٹھہراؤ حد** یا **ٹروپو پاز** (Tropo-pause) کہتے ہیں - یہاں تک پہنچ کر زمینی کرے کی حد ختم ہو جاتی ہے اور اس سے اوپر کا دوسرا طبقہ شروع ہو جاتا ہے - ٹھہراؤ حد یعنی ٹروپو پاز(Tropo-pause) کا ٹمپریچر جو اس سے اوپر کی بلندی تک ایک قیمت پر قائم رہتا ہے ، خط استوا کے اوپر 80°C— اور قطبین کے اوپر

$-50°C$ ہوتا ہے ۔ یہ بات بظاہر حیران کن نظر آتی ہے کہ اس ٹھہراؤ حد یعنی ٹروپوپاز (Tropo-pause) کا ٹمپریچر خط استوا پر نسبتاً کم اور قطبین پر زیادہ ہو ، کیونکہ زمین کا ٹمپریچر اس کے برعکس یعنی خط استوا پر ہمیشہ زیادہ اور قطبین پر ہمیشہ کم ہوتا ہے ۔ لیکن اس کے دوسرے وجوہ ہیں ۔ (اول) یہ ٹھہراؤ حد یا ٹروپوپاز (Tropo-pause) قطبین کے مقابلے میں خط استوا پر قریباً دگنی بلندی پر ہوتی ہے یعنی خط استوا پر وہ 10 میل کی بلندی پر اور قطبین کے اوپر 5 میل کی بلندی تک پائی جاتی ہے ۔ (دوم) قطبین کے اوپر ٹھہراؤ حد یعنی ٹروپوپاز (Tropo-pause) کے علاقے میں اوزون (Ozone) کی مقدار نسبتاً زیادہ ہوتی ہے جو سورج کی ماورا بنفشی شعاعوں یعنی الٹرا وائلٹ ریز (Ultra-violet rays) کی عمدہ جاذب ہے اور ان شعاعوں کو جذب کر کے اس حصے کے ٹمپریچر کو نسبتاً اونچا کر دیتی ہے ۔

ٹمپریچر کے تنزلی کی شرح (Lapse rate) ۔ یہ بیان کیا جا چکا ہے کہ متغیرہ کرہ (Tropo-sphere) میں جوں جوں اوپر جائیں ٹمپریچر گرتا جاتا ہے ۔ بلندی کے ساتھ ٹمپریچر کے گرنے کی اس شرح کو تنزلی کی شرح (Lapse rate) کہتے ہیں - اسے ریاضی کی مدد سے بھی ذیل کے طریقے سے معلوم کیا جا سکتا ہے ۔

فرض کیجیے کہ بلندی کے بقدر dh بڑھنے سے کرہ ہوائی کا دباؤ بقدر dp گھٹتا ہے ۔ تب چونکہ

$$\text{دباؤ} = \text{بلندی} \times \text{کثافت} \times g$$

اس لیے اگر ہوا کی کثافت (Density) ρ ہو تو

$$-dp = dh\rho g$$

(dp کو منفی کی علامت اس لیے دی گئی ہے کیونکہ یہ dh کے بڑھنے پر کم ہوتا ہے) پس اوپر کی مساوات سے

$$\frac{dp}{dh} = -\rho g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

جب نیچے کی ھوا جو نسبتاً گرم ھوتی ھے اس کرےمیں اوپر اٹھتی ھے تو وہ حرارت ناگزار طریقے سے (Adiabatically) پھیلتی ھے ، اس لیے ھوا کے دباؤ اور حجم کے بارے میں ھمیں حرارت ناگزار مساوات (Adiabatic equation) سے کام لینا چاھیے جو حسب ذیل ھے ۔

$$pv^{\gamma} = \text{مستقل}$$

چونکہ حجم v کثافت ρ کے بالعکس متناسب ھوتا ھے اس لیے

$$\frac{p}{\rho^{\gamma}} = C$$

جب کہ C مستقل ھو ۔

$$\therefore \quad p = C\,\rho^{\gamma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

اس پر بلندی h کے لحاظ سے تفرق عمل (Differentiation) کرنے سے

$$\frac{dp}{dh} = C\,\gamma\,\rho^{\gamma-1}\,\frac{d\rho}{dh}$$

$\frac{dp}{dh}$ کی اس قیمت کو (i) میں شامل کرنے سے

$$C\,\gamma\,\rho^{\gamma-1}\,\frac{d\rho}{dh} = -\rho\,g$$

$$\therefore \quad C\,\gamma\,\rho^{\gamma-2}\,d\rho = g\,dh$$

اس پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے جب کہ ρ کے حدود ρ_0 اور ρ اور h کے حدود 0 اور h لیے جائیں ۔ (ρ_0 کثافت کی وہ قیمت ھے جو $h=0$ پر ھوتی ھے) ۔

$$C\,\gamma \int_{\rho}^{\rho_0} \rho^{\gamma-1}\,d\rho = -g \int_{h}^{0} dh$$

$$\therefore \quad \frac{C\,\gamma}{\gamma-1}\Big[\rho^{\gamma-1}\Big]_{\rho}^{\rho_0} = -g\Big[\quad\Big]_{h}^{0}$$

$$\frac{C\gamma}{\gamma-1}(\rho_0^{\gamma-1} - \rho^{\gamma-1}) = -g\,[\theta - h]$$ یا

$$\therefore \quad \frac{C\gamma}{\gamma-1}(\rho_0^{\gamma-1} - \rho^{\gamma-1}) = gh \quad \ldots\ldots\ldots \quad (iii)$$

اس مساوات میں ھوا کی کثافت صفر بلندی پر ρ_0 ھے اور h بلندی پر ρ ھے اور اس مساوات سے یہ پتہ لگتا ھے کثافت ρ بلندی h کے ساتھ کیونکر بدلتی ھے ۔

یہ فرض کر کے کہ زمینی کرے (Tropo-sphere) کی ھوا پر گیسی مساوات کا اطلاق ھوتا ھے ۔ اگر ھم ایک گرام مالیکیول ھوا کو زیر غور لائیں جس کی کمیت یعنی ماس M ھو تو

$$P\,V = RT$$

$$\because \quad \rho = \frac{M}{V}$$

$$V = \frac{M}{\rho}$$ یا

$$\therefore \quad \frac{PM}{\rho} = RT$$

$$p = \frac{\rho\,RT}{M} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (iv)$$

مساوات (iv) میں p کی اس قیمت کو مساوات (ii) میں شامل کرنے سے

$$\frac{\rho\,RT}{M} = C\,\rho^{\gamma}$$

$$\rho^{\gamma-1} = \frac{R}{CM}\,T \quad \ldots\ldots\ldots \quad (v)$$ یا

اس سے ظاھر ھے کہ اگر صفر بلندی پر ٹمپریچر T_0 ھو تو

$$\rho_0^{\gamma-1} = \frac{R}{CM}T_0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (vi)$$

(۲) اور (vi) کو (iii) میں شامل کرنے سے

$$\frac{C\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{R}{CM}\times T_0-\frac{R}{CM}\times T\right)=gh$$

$$\therefore \quad \frac{\gamma}{\gamma-1}\times\frac{R\,(T_0-T)}{M}=gh \quad \ldots\ldots \quad (vii)$$

اب اگر ہوا کی کمیت 1 گرام لی جائے تو

$$C_p-C_v=\frac{r}{J}$$

اس لیے جب ہوا کی کمیت M لی جائے جو ہوا کے ایک گرام مالیکیول کی کمیت ہے ، تو چونکہ اس صورت میں r کی جگہ R لے لیتا ہے اس لیے

$$M\,(C_p-C_v)=\frac{R}{J}$$

$$\therefore \quad \frac{R}{M}=J\,(C_p-C_v) \;..\; (viii)$$

علاوہ ازیں

$$\gamma=\frac{C_p}{C_v} \quad \ldots\ldots \quad (ix)$$

$(viii)$ اور (ix) کو (vii) میں شامل کرنے سے

$$\frac{\frac{C_p}{C_v}}{\frac{C_p}{C_v}-1}\times J\,(C_p-C_v)\,T_0-T_1=gh$$

یا $$\frac{C_p}{C_p-C_v}\times J\,(C_p-C_v)(T_0-T_1)=gh$$

یا $$C_p\times J\,(T_0-T_1)=gh$$

$$\therefore \quad \frac{T_0-T_1}{h}=\frac{g}{J\,C_p}$$

جب $\frac{g}{JC_p}$ میں g، J اور C_p کی قیمتیں لگائی جائیں تو اس کی قیمت $\frac{1}{10293}$ نکلتی ہے -

$$\therefore \quad \frac{T_0-T_1}{h}=\frac{1}{10293}$$

اس مساوات سے معلوم ہو جاتا ہے کہ ٹمپریچر کی تنزلی (T_0-T) بلندی h کے متناسب ہوتی ہے - اب ہم یہ معلوم کرنا چاہتے ہیں کہ بلندی کے ساتھ ٹمپریچر کی تنزلی کی شرح (Lapse rate) کیا ہے - یعنی جب بلندی 1 کلومیٹر ہو تو ٹمپریچر کتنے درجے نیچے گرتا ہے -

h کو 1 کلومیٹر یعنی 1000×100 سنٹی میٹر لینے سے

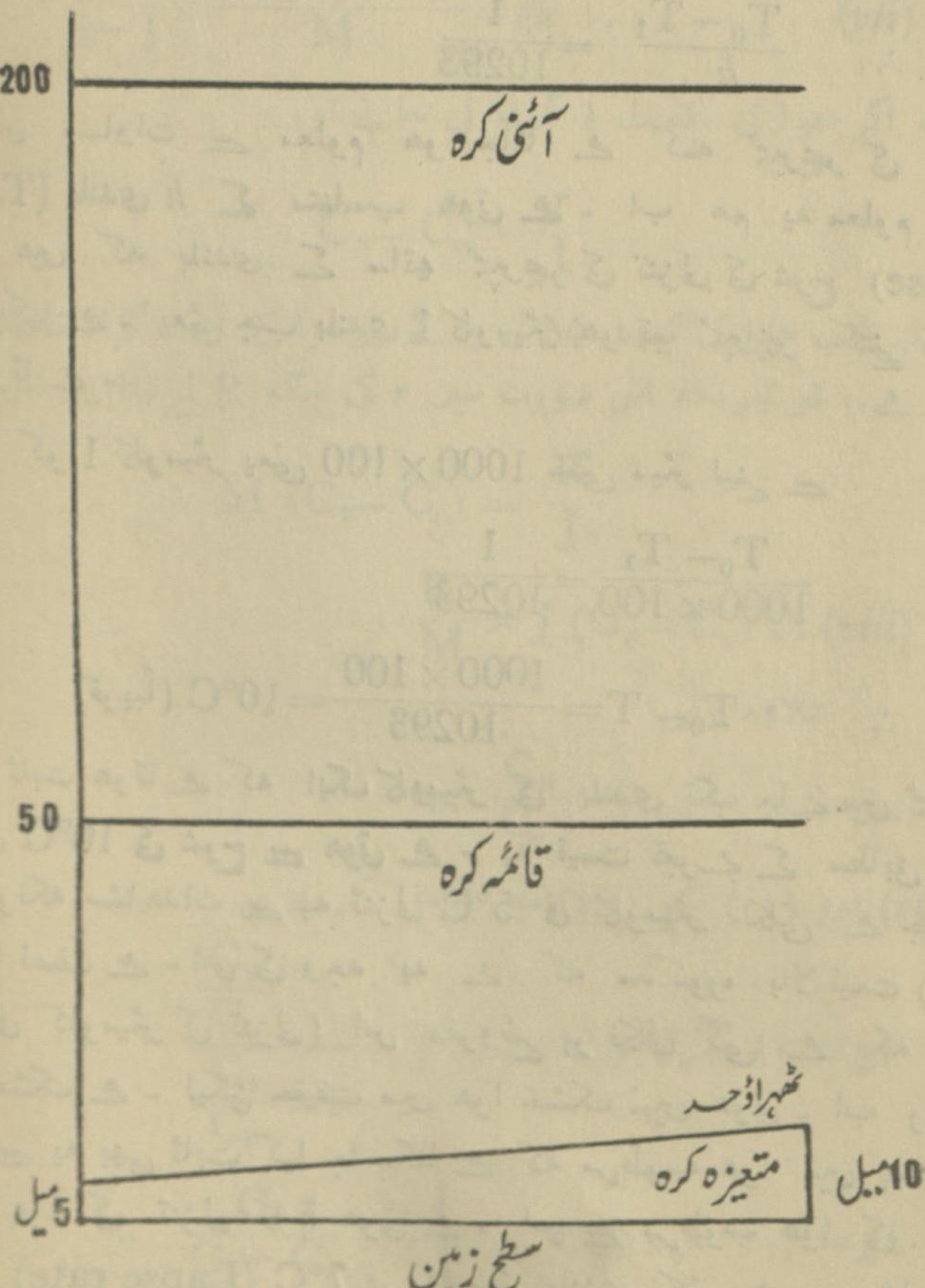
$$\frac{T_0-T_1}{1000\times100}=\frac{1}{10293}$$

$$\therefore \quad T_0-T=\frac{1000\times100}{10293}=10^\circ C \text{ (قریباً)}$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ ایک کلومیٹر کی بلندی تک جانے میں ٹمپریچر کی تنزلی $10^\circ C$ کی شرح سے ہوتی ہے - یہ قیمت تجربے کے مطابق نہیں ہے کیونکہ مشاہدات سے یہ تنزلی $5^\circ C$ فی کلومیٹر نکلتی ہے جو اس قیمت کا نصف ہے - اس کی وجہ یہ ہے کہ مذکورہ بالا قیمت (یعنی $10^\circ C$ فی کلومیٹر کی تنزلی) اس مفروضے پر نکالی گئی ہے کہ ہوا بالکل خشک ہے - لیکن حقیقت میں ہوا خشک نہیں ہوتی - اب ریاضی کی رو سے یہ بھی ثابت کیا جا سکتا ہے کہ مرطوب ہوا میں یہ تنزلی خشک ہوا کی تنزلی کا $\frac{2}{3}$ ہوتی ہے - اس سے مرطوب ہوا کی تنزلی کی شرح (Lapse rate) $7^\circ C$ فی کلومیٹر بلندی نکلتی ہے جو مشاہدے سے زیادہ مختلف نہیں ہے -

۲ - **قائمہ کرہ** (Strato-sphere) - یہ کرہ زمینی کرے (Tropo-sphere) کی اوپر کی حد یعنی ٹھہراؤ حد (Tropo-pause) سے شروع

ہوتا ہے اور تقریباً 60 میل کی بلندی تک پھیلا ہوا ہے۔ اس کرے میں ٹمپریچر قائم رہتا ہے یعنی بلندی تک جاتے ہوئے اس میں کمی پیدا نہیں ہوتی۔ اسی وجہ سے اس کرے کو قائمہ کرہ (-Strato sphere) کہتے ہیں۔ اس کرے کا حجم پورے کرہ ہوائی کا محض



2 فی صد ہوتا ہے لیکن اس کا وزن پورے کرہ ہوائی کے وزن کا 20 فی صد ہے۔ اس کرے میں اوزون (Ozone) بھی موجود ہوتی ہے

جو سورج کی شعاعوں میں سے ماورا بنفشئی شعاعوں (Ultra-violet rays) کو جذب کر لیتی ھے ۔ اس طرح سورج کی جو روشنی زمین تک پہنچتی ھے اس میں ماورا بنفشئی شعاعوں کی اتنی شدت نہیں ہوتی جتنی سورج کی اصلی روشنی میں جو خلا سے آتی ھے پائی جاتی ھے ۔

علاوہ ازیں سورج کی اصلی روشنی میں نہایت چھوٹی طول موج کی جو بعض دیگر شعاعیں موجود ھوتی ھیں وہ بھی جذب ھو جاتی ھیں - یہ باتیں زمین پر کے جان داروں کے لیے بہت مفید ھیں کیونکہ اگر سورج کی ان شعاعوں میں جو زمین تک پہنچتی ھیں ، نہایت چھوٹی طول موج کی یہ شعاعیں جن میں ماورائے بنفشی‌شعاعیں یعنی الٹرا وائلٹ ریز بھی شامل ھیں ، اپنی اصل مقدار میں موجود ھوں تو وہ جان داروں کے لیے ضرر رساں ھو سکتی ھیں ۔

اس کرے کے متعلق پہلے تو یہی قیاس تھا کہ اس میں نیچے سے اوپر تک ٹمپریچر ایک ھی رھتا ھے لیکن دو سائنس دانوں ، لنڈمان (Lindemann) اور ڈابسن (Dobson) نے اس بارے میں جو جدید تحقیقاتیں کی ھیں ، ان سے معلوم ھوتا ھے کہ ٹھہراؤ حد یعنی ٹروپوپاز (Tropo-pause) سے 20 میل کی بلندی تک تو واقعی اس کرے کا ٹمپریچر یکساں رھتا ھے ، لیکن اس کے بعد وہ مزید 10 میل کی بلندی تک بتدریج اونچا ھوتا جاتا ھے ۔ اس کی وجہ وھی اوزون کا عمل ھے جو سورج کی اشعاعی حرارت کو جذب کر کے ٹمپریچر کو بڑھانے کا موجب ھوتی ھے ۔ اس کے بعد ٹمپریچر پھر گرتا ھے اور زمین سے اوپر 50 میل کی بلندی تک جہاں قائمہ کرہ (Strato-sphere) ختم ھو جاتا ھے، برابر گرتا جاتا ھے ۔

کرہ ھوائی کے یہ دو طبقے یعنی متغیرہ کرہ (Tropo-sphere) اور قائمہ کرہ (Strato-sphere) ھمارے لیے بہت اھم ھیں ، کیونکہ ان کے اندر جو تبدیلیاں ھوتی ھیں ان کے مطابق ھماری زمین پر موسم کے تغیرات ظہور میں آتے ھیں ۔ گویا یہ دونوں زمین پر کے موسم کی تخلیق کرتے ھیں ۔

۳ - آئنی کرہ (Iono-sphere) - کرہ ھوائی کا یہ طبقہ وسعت میں سب سے بڑا ھے - یہ قائمہ کرہ (Strato-sphere) کی اوپر کی حد سے جو زمین سے 50 یا 60 میل کی بلندی تک ھوتی ھے ، شروع ھوتا ھے اور 2000 میل کی اونچائی تک جاتا ھے - اس لحاظ سے کرہ ھوائی کے حجم کا 97 فی صد اسی کرے پر مشتمل ھے - مگر اس کرے کا وزن بہت کم اور کل کرہ ھوائی کا محض 0.5 فی صد ھے - اس کرے میں ھوا کا دباؤ اونچائی کے ساتھ بڑی تیزی سے گھٹتا ھے - چنانچہ کرہ قائمہ (Strato-sphere) کی اوپر کی حد سے 12 میل کی اونچائی پر (جو سطح زمین سے 62 میل کی بلندی ھے) ھوا کا دباؤ 10 سنٹی میٹر ھوتا ھے اور اسی حد سے 150 میل کی اونچائی پر (جو سطح زمین سے 200 میل کی بلندی ھے) ھوا کا یہ دباؤ زمین پر کے دباؤ کا محض ایک بٹہ دس بلین رہ جاتا ھے - یہ دباؤ ایک ملی میٹر کے دس اربویں حصے کے برابر ھے - ظاھر ھے کہ عملی طور پر اسے صفر لیا جا سکتا ھے - اس وجہ سے جب یہ کہا جاتا ھے کہ کرہ ھوائی عملی طور پر 200 میل کی بلندی پر ختم ھو جاتا ھے تو یہ بات حقیقت کے خلاف نہیں ھے - مگر جدید تحقیقات کے مطابق چونکہ 200 میل کے اوپر 2000 میل کی بلندی تک فضا میں ھوا کے مالیکیول ادھر ادھر گھومتے پھرتے پائے جاتے ھیں ، اس لیے کرہ ھوائی کو اب 2000 میل کی بلندی تک تسلیم کیا جاتا ھے -

آئنی کرہ (Iono-sphere) میں بلندی تک جاتے ھوئے کثافت کے بے حد گھٹ جانے کے باعث ھوا کے مالیکیولوں کا اوسط آزاد راستہ (Mean free path) بڑا ھوتا جاتا ھے - چنانچہ قائمہ کرے (Strato-sphere) سے 50 میل کی اونچائی پر (جو زمین کی سطح سے 100 میل کی بلندی بنتی ھے) مالیکیولوں کا یہ اوسط آزاد راستہ (Mean free path) چند سنٹی میٹر ھوتا ہے مگر قائمہ کرے سے 250 میل کی بلندی پر (جو سطح زمین سے 300 میل کی بلندی بنتی ھے) ھوا کے مالیکیول کا یہ اوسط آزاد راستہ 125 میل ھو جاتا ھے جس سے ظاھر ھوتا ھے کہ اس حصے میں مالیکیولوں کی تعداد بے حد کم ھوتی ھے اور وہ فضا میں میلوں تک کسی اور مالیکیولوں سے ٹکرائے بغیر

گھومتے پھرتے ھیں ۔ اس سے بھی زیادہ بلندی پر یعنی آئنی کرے (Iono-sphere) کے اوپر کے حصے میں تو مالیکیولوں کی تعداد اتنی کم ہو جاتی ھے کہ ان کا اوسط آزاد راستہ (Mean free path) 9000 میل کے حیرت انگیز طول کو پہنچ جاتا ھے ۔ گویا ایک مالیکیول کو ہزاروں میل کے سفر کرنے پر بھی کسی دوسرے مالیکیول سے ٹکراؤ کا موقع نہیں ملتا ۔

آئنی کرے (Iono-sphere) کی ایک اہم خصوصیت یہ ھے کہ اس خطے میں ھوا کے جو مالیکیول ھوتے ھیں وہ بیشتر آئن (Ions) بنے ھوتے ھیں جس کا سبب آن پر سورج کی تیز شعاعوں کا اثر ھے ۔ اس خطے کو آئنی کرے (Iono-sphere) کا جو نام دیا گیا ھے وہ بھی اسی مناسبت سے ھے ۔

اس خطے میں مسلسل آئن کاری (Ionisation) کا اثر یہ ھے کہ یہاں ٹمپریچر بہت اونچا ھوتا ھے چنانچہ آئنی کرے (Iono-sphere) کے زیریں حصے میں جس کی بلندی 300 میل سے 500 میل تک ھوتی ھے ، یہ ٹمپریچر 1500°C کے لگ بھگ ھوتا ھے اور اس کرے کے اوپر کے حصے میں تو وہ اس سے بھی کہیں زیادہ ھو سکتا ھے ۔

آئنی کرے (Iono-shpere) میں مختلف بلندیوں پر آئنوں (Ions) کی واضح تہیں (Layers) پائی جاتی ھیں ۔ ان کا سراغ سب سے پہلے ایک سائنس دان ھیوی سائیڈ (Heaviside) نے اور بعد میں ایک اور سائنس دان ایپلے ٹون (Appleton) نے لگایا تھا ۔ اس لیے ان میں سے جو تہہ (Layer) قریباً 60 میل کی بلندی پر پائی جاتی ھے ، اسے ھیوی سائیڈ تہہ (Heaviside layer) اور جو اس سے اوپر قریباً 100 میل کی بلندی پر ھوتی ھے ، اسے ایپلے ٹون تہہ (Appleton layer) کا نام دیا گیا ھے ۔ مگر جدید محقق ان کو ڈی تہہ (D Layer) اور ای تہہ (E. Layer) کہتے ھیں اور اس سے بہت اوپر 200 میل کی بلندی پر وہ ایک اور تہہ کی موجودگی کو ثابت کرتے ھیں جو ایف تہہ (F. Layer) کہلاتی ھے ۔ ان تہوں کی سب سے اہم

خصوصیت یہ ہے کہ زمین پر مختلف طول موج (Wave length) کی جو لہریں بالخصوص چھوٹی لہریں (Short waves) نشر ہوتی ہیں وہ ان تہوں سے ٹکرا کر منعکس ہو کر دوبارہ زمین پر آ جاتی ہیں جن کی وجہ سے چھوٹی لہروں کی اشاعت ایک جگہ سے کئی ہزار میل کے فاصلے تک عمل میں آ جاتی ہے جہاں ان لہروں کا براہ راست پہنچنا ناممکن ہوتا ہے۔

بلندی کے ساتھ دباؤ کا کم ہونا۔ کرہ ہوائی میں کسی سطح پر دباؤ ہوا کے اس کالم کے وزن کے برابر ہوتا ہے جو اس سطح کے اوپر واقع ہو اور جس کا سیدھی کاٹ کا رقبہ اکائی (یعنی ایک مربع سنٹی میٹر) ہو۔ یہ دباؤ بلندی کی طرف جاتے ہوئے دو وجوہ سے گھٹتا ہے۔ ایک تو کوئی مقام جتنا زیادہ بلند ہوتا ہے اس کے اوپر کے ہوا کے کالم کی اونچائی قدرتی طور پر کم ہوتی ہے اور اس وجہ سے اس کالم کا وزن بھی تھوڑا ہوتا ہے۔ دوسرے اس بلند مقام کے اوپر جو ہوا پائی جاتی ہے اس کی کثافت گھٹی ہوئی ہوتی ہے اور اس وجہ سے بھی ہوا کے اس کالم کا وزن کم ہوتا ہے۔ اس ضمن میں یہ یاد رکھنا چاہیے کہ بلندی کے ساتھ ہوا کی کثافت تیزی سے گھٹتی ہے۔ چنانچہ 7.5 میل کی بلندی پر ہوا کی کثافت زمین پر کی ہوا کی کثافت کا محض $\frac{1}{4}$ ہوتی ہے اور 11 میل کی بلندی پر وہ $\frac{1}{8}$ رہ جاتی ہے۔

بلندی کے ساتھ دباؤ کے کم ہونے کی شرح معلوم کرنے کے لیے ہوا کے ایک عمودی کالم کو زیر غور لاؤ جس کا سیدھی کاٹ (Cross section) کا رقبہ اکائی (یعنی ایک مربع سنٹی میٹر) ہو۔ فرض کرو کہ اس کالم کے ساتھ ساتھ y کی بلندی پر ہوا کا دباؤ p ہے۔ تب $y+dy$ کی بلندی پر وہ $p-dp$ ہو گا کیونکہ بلندی کے زیادہ ہونے پر دباؤ کم ہوتا جاتا ہے۔ ان دونوں سطحوں کے درمیان دباؤ کا فرق (dp) ہوا کے اس کالم کے وزن کے برابر ہے جس کی اونچائی dy ہے۔ چونکہ dy بہت کم ہے اس لیے دونوں سطحوں کے درمیان ہوا کی کثافت ρ کی قیمت یکساں رہتی ہے۔

$\because$ $g\times$ کثافت $\times$ اونچائی = دباؤ

$$\therefore \quad dp = -dy\times\rho\times g$$

یا $$dp = -g\,\rho\,dy \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (i)$$

منفی کی علامت اس لیے دی گئی ہے کہ دباؤ کا یہ فرق کمی کو ظاہر کرتا ہے۔

اگر ہوا خشک ہو اور اس پر گیسی مساوات کا اطلاق ہوتا ہو تو اس ہوا کے ایک گرام مالیکیول کو زیر غور لانے سے جس کی کمیت M ہے۔

$$pv = RT$$

$$\because \quad \frac{M}{V} = \rho \quad \therefore \quad V = \frac{M}{\rho}$$

$$\therefore \; p\times\frac{M}{\rho} = RT$$

یا $$\rho = \frac{pM}{RT} \qquad \ldots\ldots\ldots(ii)$$

(ii) کو (i) میں شامل کرنے سے

$$dp = -g\times\frac{pM}{RT}\times dy$$

یا $$\frac{dp}{p} = -\frac{gM}{RT}\,dy$$

اگر ہم فرض کریں کہ ہم قائمہ کرہ (Strato-sphere) کے زیریں حصے کو زیر غور لا رہے ہیں جہاں T کی قیمت مستقل رہتی ہے تو مساوات (iii) پر تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے

$$\frac{dp}{p} = -\frac{gM}{RT}\,dy$$

$$\log p = -\frac{gM}{RT}y + C \quad \text{یا}$$

جب کہ C تکمیلی عمل کا مستقل ہے۔

اب اگر y صفر ہو اور اس سطح پر دباؤ p_0 ہو تو

$$\log p_0 = C$$

$$\therefore \quad \log p = -\frac{gM}{RT}y + \log p_0$$

$$\log p - \log p_0 = -\frac{gM}{RT}y \quad \text{یا}$$

$$\log \frac{p}{p_0} = -\frac{gM}{RT}y \quad \text{یا}$$

$$\frac{p}{p_0} = e^{-\frac{gM}{RT}y} \quad \text{یا}$$

$$\therefore \quad p = p_0\, e^{-\frac{gM}{RT}y}$$

یہ ایک اہم مساوات ہے جس سے معلوم ہوتا ہے کہ بلندی y کے ساتھ دباؤ p کس طور سے بدلتا ہے۔ چونکہ اس مساوات کے اخذ کرنے میں یہ فرض کر لیا گیا ہے کہ بلندی کے ساتھ ہوا کا ٹمپریچر T یکساں رہتا ہے، اس لیے یہ مساوات ہوائی کرہ کے درمیانی حصے یعنی قائمہ کرے (Strato-sphete) میں جہاں ٹمپریچر بہت زیادہ بلندی تک یکساں رہتا ہے، بالکل پوری اترتی ہے۔ مگر کرہ ہوائی کے زیریں طبقے یعنی متغیرہ کرے (Tropo-sphere) میں چونکہ ٹمپریچر بلندی کے ساتھ بدلتا ہے اس لیے یہ مساوات بالکل راست نہیں آتی۔ اس طبقے کے لیے نیچے کی سطح پر جہاں بلندی صفر ہو اور دباؤ p_0 ہو اگر ٹمپریچر T_0 ہو اور اوپر کی سطح پر جہاں بلندی y ہو اور دباؤ p ہو اور ٹمپریچر T ہو تو یہ ثابت کیا جا سکتا ہے کہ

$$p=p_0\, e^{\frac{gM}{R\alpha}\log\frac{T}{T_0}}$$

جب کہ α ٹمپریچر کی تنزلی کی شرح (Lapse rate) ہو ۔

ترسیل حرارت کے بعض عملی اطلاقات

اب ہم ترسیل حرارت (Convection of heat) کے بعض عملی اطلاقات بیان کرتے ہیں جو قدرت میں پائے جاتے ہیں یا مصنوعی طور پر عمل میں لائے جاتے ہیں ۔

نسیم بری اور نسیم بحری ۔ یہ وہ ہوائیں ہیں جو قدرتی ترسیل (Convection) کے ماتحت سمندر کے ساحلی علاقوں میں چلتی ہیں ۔ چونکہ پانی کے مقابلے میں زمین کی حرارت مخصوصہ بہت کم ہوتی ہے ، اس لئے دن کے وقت جب سورج کی شعائیں پڑتی ہیں تو زمین سمندر سے زیادہ تپ جاتی ہے اور اس کا ٹمپریچر سمندر کے ٹمپریچر سے اونچا ہو جاتا ہے، اس لیے جو ہوا زمین کے ساتھ لگی ہوتی ہے وہ اس ہوا سے جو سمندر کے اوپر ہوتی ہے ، گرم ہو جاتی ہے ۔ یہ گرم ہوا اوپر اٹھتی ہے اور اس کی جگہ لینے کو سمندر پر سے ہوا خشکی کی طرف چلنے لگتی ہے ۔ اسے نسیم بحری (Sea breeze) کہتے ہیں ۔ یہ ہوا ساحل سے خشکی کی طرف کئی میل کے علاقے میں چلتی ہے مگر اس کا دائرہ عمل صرف نیچے کے خطے تک محدود ہوتا ہے ۔

رات کے وقت سمندر کے مقابلے میں زمین جلدی ٹھنڈی ہو جاتی ہے اور اس وجہ سے رات کو سمندر کا ٹمپریچر خشکی کے ٹمپریچر سے بڑھا ہوا ہوتا ہے ۔ اس وجہ سے سمندر پر کی ہوا گرم ہو کر اوپر چڑھتی ہے اور خشکی سے ٹھنڈی ہوا اس کی جگہ لینے کو سمندر کی طرف چلنے لگ جاتی ہے ۔ اس کو نسیم بری (Land breeze) کہتے ہیں ۔

تجارتی ہوائیں ۔ یہ وہ ہوائیں ہیں جو ترسیل (Convection) کے ماتحت بڑے پیمانے پر خاص خاص موسموں میں زمین کے مختلف علاقوں

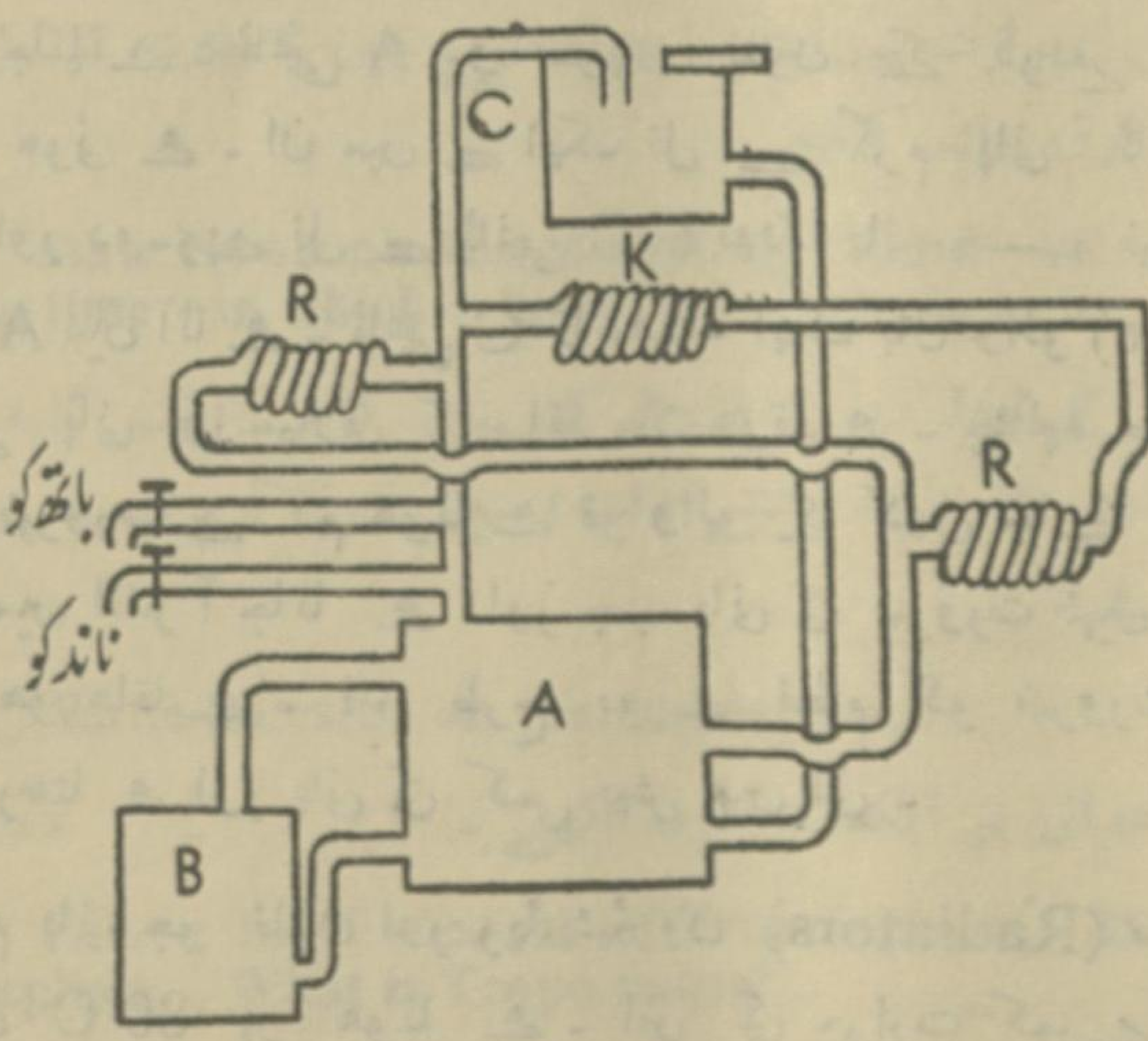
میں چلتی ہیں - اگلے زمانے میں بادبانوں سے چلنے والے تجارتی جہاز ان ہواؤں کی مدد سے سمندر میں اپنا سفر طے کرتے تھے ، اس لیے ان ہواؤں کو **تجارتی ہوائیں** (Trade winds) کہتے تھے - آج کل ہوا سے چلنے والے یہ بادبانی جہاز نہیں رہے مگر تجارتی ہواؤں کا نام بدستور باقی ہے -

موسم گرما میں استوائی علاقوں کی زمین سورج کی حرارت سے تپ جاتی ہے اور اس کے اوپر کی ہوا بھی ساتھ لگنے سے گرم ہو جاتی ہے - یہ گرم ہوا ہلکی ہو کر بلندی پر چڑھتی ہے اور اس کی جگہ لینے کو شمال اور جنوب کے ٹھنڈے علاقوں سے ہوائیں چلتی ہیں جو تجارتی ہوائیں (Trade winds) کہلاتی ہیں - اگر زمین ساکن ہوتی تو ان ہواؤں کا رخ شمالی نصف کرہ میں شمال سے ٹھیک جنوب کو اور جنوبی نصف کرے میں جنوب سے ٹھیک شمال کو ہوتا مگر چونکہ زمین اپنے محور کے گرد مغرب سے مشرق کی طرف برابر گھومتی رہتی ہے اس لیے شمالی نصف کرے کی تجارتی ہوائیں شمال مشرق سے آتی ہوئی اور جنوبی نصف کرے کی تجارتی ہوائیں جنوب مشرق سے آتی ہوئی معلوم ہوتی ہیں -

باد کشی (Ventilation)- کمرے کے اندر صحت افزا حالات قائم رکھنے کے لئے باد کشی (Ventilation) بہت ضروری ہے - چنانچہ کمرے کی دیواروں میں چھت کے قریب جو روشن دان اور فرش کے قریب جو کھڑکیاں رکھی جاتی ہیں ، وہ روشنی لانے کے ساتھ ساتھ قدرتی باد کشی (Natural ventilation) کا کام سر انجام دیتی ہیں - اس کی صورت یہ ہے کہ سانس سے برآمد شدہ گندی ہوا جس میں آکسیجن کی کمی اور کاربن ڈائی اوکسائڈ اور آبی بخارات کی زیادتی ہوتی ہے ، ٹمپریچر میں نسبتاً زیادہ ہونے کے باعث اوپر چڑھتی ہے اور روشن دانوں کی راہ سے باہر نکل جاتی ہے - اس کی جگہ لینے کے لیے تازہ ہوا کھڑکیوں اور دروازوں وغیرہ سے کمرے کے اندر آتی ہے - اس قدرتی ترسیل (Natural convection) کے باعث کمرے کی ہوا صاف اور تازہ رہتی ہے -

بعض بڑے کمرے بالخصوص سنیما کے ہال کے روشن دانوں میں چھوٹے چھوٹے برق پنکھے لگا دیے جاتے ہیں جو گندی ہوا کو تیزی سے خارج کرتے ہیں اور اس طرح جبری ترسیل (Forced convection) کا سامان بہم پہنچا کر کمرے کی ہوا کو صاف اور تازہ رکھتے ہیں -

کمرے کو گرم رکھنا - سرد ملکوں میں جب موسمی ٹمپریچر بہت گرا ہوا ہوتا ہے تو کمرے کے اندر آرام دہ حالات پیدا کرنے کے لیے اُسے مصنوعی طور پر گرم رکھنا ضروری ہو جاتا ہے - چنانچہ اس مقصد کے لیے کمرے کی اندرونی دیواروں کے ساتھ نل لگائے جاتے ہیں اور ترسیل حرارت (Convection of heat) کے ماتحت اُن میں گرم پانی بہنے دیا جاتا ہے - اس کی تفصیل ذیل کی شکل سے ظاہر ہے -



A اور C دو ٹانچیاں ہیں جن میں سے ٹانچی A نیچے اور ٹانچی C اوپر واقع ہے - ٹانچی A سے ذرا نیچے پر بوائلر B ہے - یہ تمام مختلف نلوں کے ذریعے ایک دوسرے سے ملے ہوئے ہیں جیسے کہ وہ شکل میں نظر آ رہے ہیں - ان نلوں میں سے درمیانی افقی نل کے ساتھ تین ریڈیئٹر (Radiators) R ، R اور R لگے ہیں ان میں سے ہر ریڈیئٹر اصل نل ہی کا حصہ ہے - صرف فرق یہ ہے کہ وہاں نل کو بل دے دے کر

ایک کھو کھلے لچھے کی شکل میں تبدیل کر دیا گیا ہے - یہی لچھا ریڈیئیٹر (Radiator) کہلاتا ہے -

ابتدا میں دونوں ٹانچیاں اور تیسرا برائلر ٹھنڈے پانی سے بھرے ہوتے ہیں - جب بوائلر کو حرارت پہنچائی جاتی ہے تو پانی گرم ہو کر اوپر چڑھتا ہے اور ٹانچی A میں آوپر کے نل کے ذریعے داخل ہوتا ہے - وہاں سے اتنا ہی ٹھنڈا پانی نیچے کے نل کے ذریعے بوائلر میں آتا ہے ، اور اپنی باری پر وہ بھی گرم ہوتا ہے - ٹانچی A کا گرم پانی اب مختلف نلوں اور ریڈیئیٹروں (Radiators) میں بہتا ہے اور اپنی حرارت کمرے کی ہوا کو دے دے کر ٹھنڈا ہو جاتا ہے - پھر یہ ٹھنڈا پانی نیچے کی ٹانچی A میں آتا ہے اور وہاں سے گرم ہونے کے لیے بوائلر میں چلا جاتا ہے - ٹانچی A دو عمودی نلوں کے ذریعے ٹانچی C کے ساتھ ملی ہوئی ہے - ان میں سے ایک نل سے گرم پانی ٹانچی C میں جاتا ہے اور دوسرے نل سے ٹانچی C کا ٹھنڈا پانی حسب ضرورت نیچے کی ٹانچی A میں آتا ہے - ٹانچی C کا سلسلہ ایک بال والو (Ball valve) کے ذریعے پانی کی سپلائی کے ساتھ ملا ہوتا ہے - چنانچہ جب اس ٹانچی میں پانی ضرورت سے کم ہوتا ہے تو والو کے کھل جانے سے باہر سے پانی اس میں اندر آ جاتا ہے اور جب پانی کی ضرورت نہیں ہوتی تو یہ والو بند ہو جاتا ہے - اس طرح پورے نظام کو ضرورت کے مطابق پانی ملتا رہتا ہے اور پانی کی کمی پیش نہیں آتی -

گرم پانی جو نلوں اور ریڈیئیٹروں (Radiators) میں بہتا ہے ، ابتدا میں 80°C پر ہوتا ہے - اس کی حرارت کمرے کی ہوا کو ایصالی رووں (Convection currents) کے ذریعے ملتی ہے جس کی کیفیت یہ ہے کہ جب ہوا ان نلوں اور ریڈیئیٹروں (Radiators) کے ساتھ لگتی ہے تو وہ گرم ہو کر اوپر چڑھ جاتی ہے اور ارد گرد سے ٹھنڈی ہوا اس کی جگہ لینے کو آتی ہے جو اپنی باری پر گرم ہوتی ہے - اس طرح کمرے کی ساری ہوا مناسب حد تک گرم ہو جاتی ہے - یہاں یہ امر قابل غور ہے کہ ریڈیئیٹر (Radiator) کے معنی اشعاع

(Radiation) پیدا کرنے والے کے ھیں جس سے یہ خیال پیدا ھوتا ھے کہ یہ ریڈیئیٹر (Radiator) اپنی حرارت اشعاع کے ذریعے کمرے میں پھیلاتا ھے، حالانکہ یہ غلط ھے ۔ ریڈیئیٹر کی حرارت کمرے کی ھوا کو ترسیل (Convection) کے ذریعے ملتی ھے اور اس وجہ سے اس کو ریڈیئیٹر (Radiator) کہنا غلطی ھے ۔ مگر چونکہ یہ غلط اصطلاح اب چل نکلی ھے اس لیے اس کو قائم رکھا جاتا ھے ۔

سوالات

Q. 1. What do you understand by Convection of heat? Distinguish between Forced convection and Natural convection.

ترسیل حرارت سے آپ کیا مراد لیتے ھیں ؟ جبری ترسیل اور قدرتی ترسیل میں فرق بیان کیجیے ۔

Q. 2. State Newton's law of cooling. Find out an expression for the time t in which a body cools from θ_0 to θ.

نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کو بیان کرو ۔ ایک کلیہ اخذ کرو جس سے ظاھر ھو کہ کتنے وقت t میں کوئی گرم جسم θ_0 سے θ تک ٹھنڈا ھوتا ھے ۔

Q. 3. Write an essay on the Atmosphere.

کرہ ھوائی پر ایک مضمون لکھیے ۔

Q. 4. Give a brief account of Tropo-sphere, Starto-sphere and Iono-sphere. What is Tropo-pause?

متغیرہ کرے ، قائمہ کرے اور آئینی کرے کا مختصر حال بیان کرو ۔ ٹھہراؤ حد کیا ھوتی ھے؟

Q. 5. What is meant by the Lapse rate? Find out an expression for the lapse rate in the tropo-sphere?

ٹمپریچر کی تنزلی سے کیا مراد ھے ؟ متغیرہ کرے میں ٹمپریچر کی تنزلی کے بارے میں ایک کلیہ اخذ کرو ۔

Q. 6. How does the pressure of the atmosphere vary with the height? Derive an expression for the pressure p at a height y above the surface of earth.

کرہ ھوائی کا دباؤ بلندی کے ساتھ کس طرح بدلتا ھے ؟
سطح زمین سے y بلندی پر دباؤ p کے لیے ایک کلیہ اخذ کرو ۔

Q. 7. Write a short note on (*a*) Land and Sea Breeze (*b*) Trade winds (*c*) Ventilation.

مندرجہ ذیل پر مختصر نوٹ قلم بند کرو ۔
(ا) نسیم بری اور نسیم بحری (ب) تجارتی ھوائیں (ج) باد کشی

Q. 8 Describe the method used to keep the room warm in cold weather. Illustrate your answer with a simple sketch.

موسم سرما میں کمرے کو گرم رکھنے کا طریقہ بیان کرو اور ایک سادہ خاکے سے اپنے جواب کی وضاحت کرو ۔

پندرھواں باب

اشعاع حرارت

(RADIATION OF HEAT)

حرارت کے انتقال کے دو طریقوں ، ایصال (Conduction) اور ترسیل (Convection) کا تذکرہ پچھلے دو بابوں میں آ چکا ہے۔ تیسرے طریقے اشعاع حرارت (Radiation of heat) کے لیے موجودہ باب وقف ہے۔

اشعاع (Radiation) حرارت کے انتقال کا وہ طریقہ ہے جس میں حرارتی توانائی شعاعوں یا موجوں کی صورت میں بڑی تیز رفتار سے چلتی ہے اور جس واسطے (Medium) میں سے گزرتی ہے آسے بہت کم متاثر کرتی ہے ۔ حرارتی شعاعوں کی وجہ ہی سے اس طریقے کو اشعاع (Radiation) کا نام دیا گیا ہے جس کے لفظی معنی شعاعوں کے پیدا ہونے کے ہیں۔

ایصال (Conduction) اور ترسیل (Convection) کے لیے ہمیشہ کسی مادی شے کی ضرورت ہوتی ہے جس کے بغیر یہ عمل ظہور میں نہیں آ سکتے ' لیکن اشعاع (Radiation) کے لیے کسی مادی شے یا مادی واسطے (Material medium) کی ضرورت نہیں ہے۔ اشعاع کا عمل خلا (Vacuum) میں بھی ہو جاتا ہے جہاں کسی مادی شے کا وجود نہیں ہوتا۔ چنانچہ سورج کی حرارت وسیع خلاؤں ہی میں سے گزر کر زمین تک پہنچتی ہے ۔ زمین کے اوپر کرہ ہوائی کی اوپر کی حد جدید تحقیقات کے مطابق 2000 میل کی بلندی تک ہے، جس کے اوپر محض خلا ہے ۔ چونکہ زمین سے سورج کا فاصلہ نو کروڑ میل سے زائد ہے، اس سے

ظاہر ہے کہ سورج سے جو حرارتی شعاعیں زمین تک آتی ہیں ، ان کا بیشتر فاصلہ خلا (Vacuum) میں سے گزرتا ہے ۔

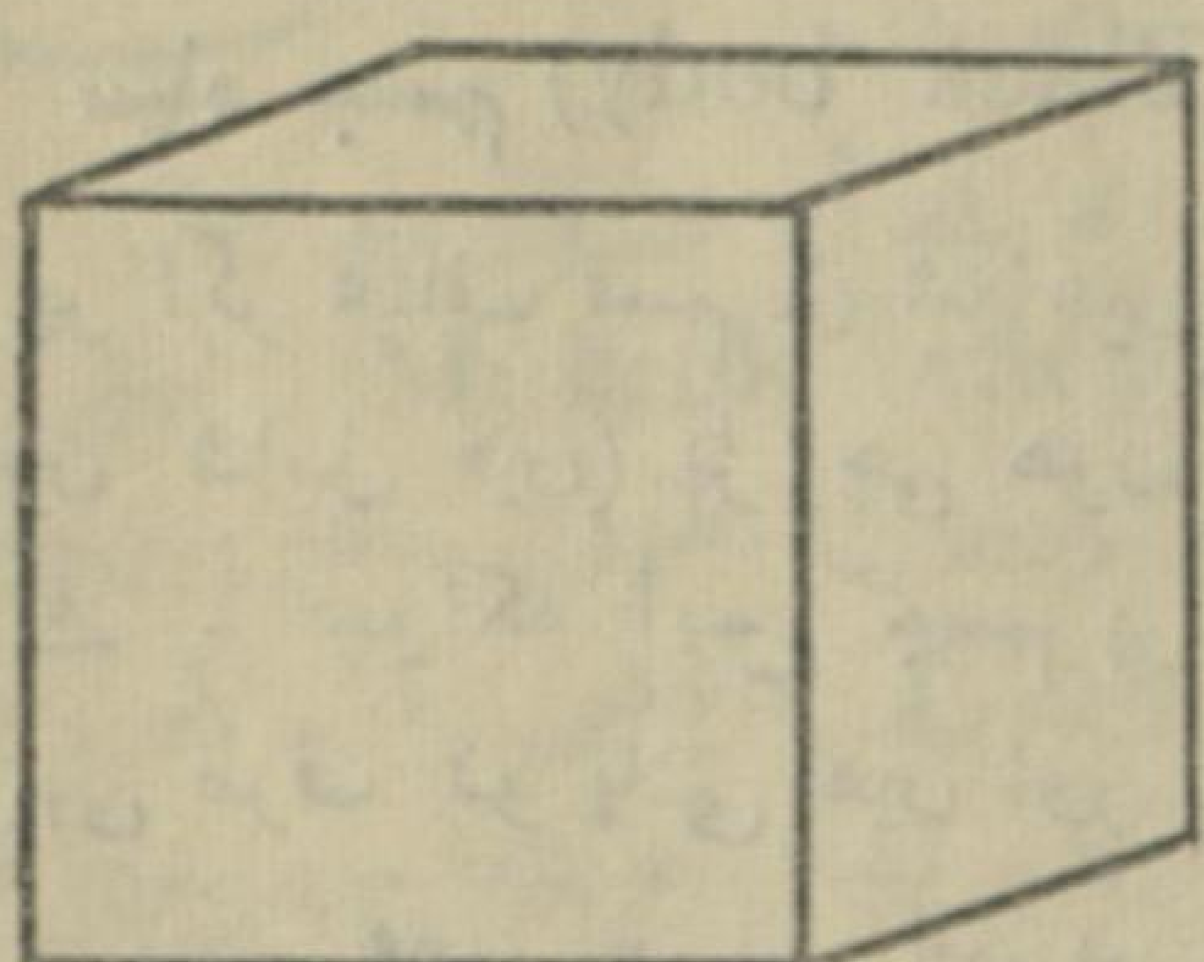
اشعاع (Radiation) کے ماتحت جب حرارتی شعاعیں کسی واسطے میں سے گزرتی ہیں تو کہا جاتا ہے کہ وہ اس واسطے کو گرم نہیں کرتیں اور اس کے ثبوت میں کرہ ہوائی کی مثال پیش کی جاتی ہے جس کے اول کرہ یعنی متغیرہ کرے (Tropo-sphere) میں ، جو ہوا کی مقدار کے لحاظ سے کرہ ہوائی کا اصل حصہ ہے ، اوپر کے طبقے کا ٹمپریچر نیچے کے طبقے کے ٹمپریچر سے کم ہوتا ہے ۔ حالانکہ اوپر کا طبقہ فاصلے کے لحاظ سے سورج سے قریب تر ہوتا ہے، لیکن جب اس بارے میں گہری چھان بین کی جائے تو معلوم ہوتا ہے کہ حرارتی شعاعیں (Thermal radiation) جب کسی مادی واسطے مثلاً ہوا یا شیشے وغیرہ میں گزرتی ہیں تو ان کی توانائی کا ایک حصہ اس مادی واسطے میں جذب ہو جاتا ہے ، البتہ یہ حصہ بہت قلیل ہوتا ہے، اس لیے یہ کہنا پورے طور پر صحیح نہیں ہے کہ حرارتی شعاعیں جس مادی واسطے (Material medium) میں سے گزرتی ہیں، اس کو گرم نہیں کرتیں۔ البتہ یہ کہنا صحیح ہے کہ جب حرارتی شعاعیں کسی مادی واسطے میں سے گزرتی ہیں تو وہ اس کو بہت کم متاثر کرتی ہیں ۔

انگریزی اصطلاح Radiation کے متعلق ایک نوٹ ۔ انگریزی میں Radiation کا لفظ دو مختلف معنوں میں مستعمل ہے۔ ایک تو اس سے وہ عمل مراد ہوتا ہے جس کے ماتحت حرارت شعاعوں کی صورت میں ایک واسطے میں سے گزرتی ہے اور دوسرے اس سے وہ شعاعیں مراد ہوتی ہیں جو اس عمل کے ماتحت ایسے واسطے میں چلتی ہیں ۔ اردو میں Radiation کا ترجمہ جب اس سے حرارت کے انتقال کا مذکورہ عمل مراد ہو ' اشعاع '، سے کیا جاتا ہے لیکن جب Radiation سے Rays مراد لی جائیں تو پھر ان کا ترجمہ ' **شعاعوں** ' ہی سے کیا جاتا ہے مثلاً Radiation of heat کا اردو ترجمہ '**اشعاع حرارت** '، ہے مگر Thermal radiation کا اردو ترجمہ '**حرارتی شعاعیں**' ہے۔ چونکہ آئندہ

صفحات میں Radiation کے یہ دونوں ترجمے اپنی اپنی جگہوں پر استعمال ہوئے ہیں اس لیے ان میں تمیز کرنا ضروری ہے ۔

حرارتی شعاعوں کے ماخذ - جب کسی جسم کو شدید گرم کرکے بہت زیادہ ٹمپریچر پر قائم رکھا جائے تو وہ حرارتی شعاعیں دینے لگتا ہے اور اس لیے حرارتی شعاعوں کا ایک ماخذ بن جاتا ہے - لیکن اشعاع (Radiation) کے بارے میں تجربے کرنے کے لیے جن ماخذوں (Sources) سے عموماً کام لیا جاتا ہے، وہ لیزلی کا مکعب (Leslie cube) اور ''سیاہ جسم'' (Black body) ہیں ۔

لیزلی کا مکعب - لیزلی کا مکعب (Leslie cube) دھات کا ایک ڈبہ ہے جو مکعب شکل کا ہوتا ہے- اس کے چار عمودی رخوں پر مختلف قسم کا روغن کیا ہوتا ہے - عام طور پر ان چار رخوں میں سے ایک پر کامل سیاہ پالش کیا ہوتا ہے - دوسرے رخ کو چمکیلا بنا دیا جاتا ہے، تیسرے رخ پر سفید پالش مل دیا جاتا ہے اور چوتھا رخ ویسے ہی چھوڑا ہوا ہوتا ہے - یہ ڈبہ ایک عمودی محور کے گرد گردش کر سکتا ہے - یہ تمام اطراف سے بند ہوتا ہے - صرف اس کے اوپر کے رخ کے مرکز میں ایک چھوٹا سا سوراخ نکالا ہوا ہوتا ہے - جب اس سوراخ کی راہ سے اس ڈبے میں کھولتا ہوا پانی ڈال دیا جاتا ہے تو اس پانی کی حرارت ڈبے کے مختلف رخوں میں سے اشعاع (Radiate) ہوتی ہے اور یہ ڈبہ حرارتی شعاعوں کا ایک ماخذ بن جاتا ہے- اس ڈبے کو پہلے پہل ایک سائنس دان ، لیزلی (Leslie) نے بنایا تھا ، اس لیے اس کا نام **لیزلی کا مکعب** (Leslie cube) پڑ گیا ہے -



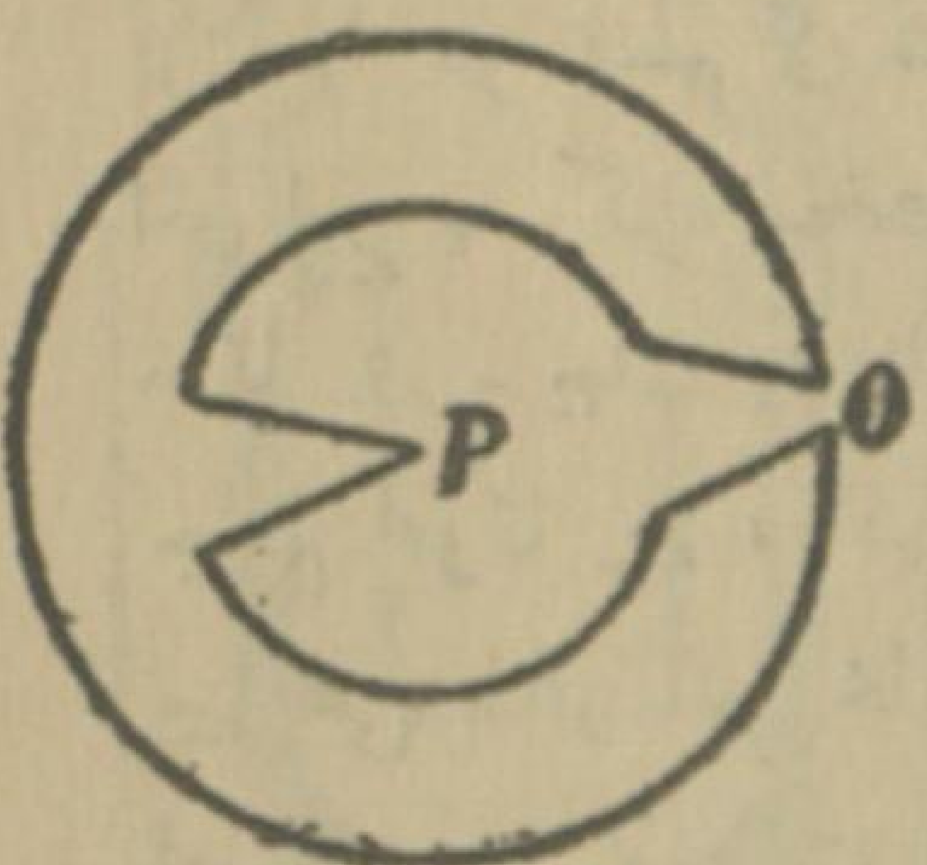
بعض اوقات لیزلی کے مکعب ایسے بھی بنائے جاتے ہیں جن میں سے ایک مکعب کے سارے رخوں پر سیاہ پالش مل دیا جاتا ہے اور دوسرے مکعب کے سارے رخوں کو خوب چمکیلا بنا دیا جاتا ہے -

تجربے سے معلوم ہوتا ہے کہ جب لیزلی کے مکعب میں کھولتا ہوا پانی بھر کر اس کے ٹمپریچر کو اونچا کر دیا جائے اور اس طرح اسے حرارت کا ایک ماخذ (Source) بنا دیا جائے تو اس کا سیاہ رخ حرارت کی سب سے زیادہ مقدار اور اس کا چمکیلا رخ حرارت کی سب سے کم مقدار اشعاع (Radiate) کرتا ہے ۔ اسی طرح اگر لیزلی کا مکعب خود تو عام ٹمپریچر پر ہو مگر اس پر حرارت کے کسی اور ماخذ سے حرارتی شعاعیں آ آ کر پڑ رہی ہوں تو اس کا سیاہ رخ حرارت کی سب سے زیادہ مقدار اور اس کا چمکیلا رخ حرارت کی سب سے کم مقدار جذب (Absorb) کرتا ہے ۔ یہ حقیقت اس اصول پر مبنی ہے کہ حرارت کا ایک اچھا شعاع ریز (Radiator) اچھا جاذب (Absorber) اور ناقص شعاع ریز ناقص جاذب ہوتا ہے ۔

سیاہ جسم (Black body) ۔ سیاہ جسم سے ایسا جسم مراد ہے جس پر اگر مختلف قسم کی شعاعیں (جن میں روشنی کی شعاعیں اور حرارتی شعاعیں شامل ہیں) پڑ رہی ہوں تو وہ اُن کو پورے طور پر جذب کر لیتا ہے ۔ چونکہ ایسے جسم پر سے شعاعیں نہ منعکس (Reflect) ہو کر پہلی طرف کو پلٹتی ہیں اور نہ اس میں سے گزر کر دوسری جانب کو جا سکتی ہیں، اس لیے اس پر خواہ کسی رنگ کی روشنی پڑ رہی ہو، وہ کامل سیاہ ہی نظر آتا ہے ۔ جب ایسے جسم کو حرارت پہنچائی جائے جس سے اس کا ٹمپریچر کافی اونچا ہو جائے تو وہ تمام قسم کی حرارتی شعاعوں کو کامل طور پر اشعاع کرتا ہے اور اس طرح حرارتی شعاعوں کا ایک کاملِ ماخذ بن جاتا ہے ۔

کاجل ملا سیاہ جسم ۔ سیاہ جسم (Black body) کو حاصل کرنے کے متعدد طریقے ہیں جن میں ایک سادہ طریقہ یہ ہے کہ مناسب جسم لے کر اس کی بیرونی سطح پر کاجل (Lamp black) کا روغن مل دیا جائے۔ کاجل قریباً 98 فی صد شعاعوں کو جذب کرنے کی استعداد رکھتا ہے اور اس وجہ سے جس جسم پر کاجل کا روغن مل دیا گیا ہو وہ قریباً قریباً کامل سیاہ جسم بن جاتا ہے ۔

فیری کا سیاہ جسم (Fery's black body)-ایک سائنس دان، فیری (Fery) نے ایک نئے اصول پر کامل سیاہ جسم بنایا جو اس کے نام پر فیری کا سیاہ جسم (Fery's black body) کہلاتا ہے - یہ دھات کا ایک کھوکھلا کرہ ہوتا ہے جس کی دیواریں دہری ہوتی ہیں اور ان دیواروں کی درمیانی جگہ میں سے ہوا کو خارج کرکے وہاں ایک خلا بنا دیا جاتا ہے - اس کرے میں ایک چھوٹا سا سوراخ O ہوتا ہے جس میں سے باہر سے شعاعیں اندر جا سکتی ہیں یا اندر سے شعاعیں باہر آ سکتی ہیں - اس کھوکھلے کرے کی اندر کی سطح پر سیاہ روغن ملا ہوا ہوتا ہے ، جب کہ اس کی بیرونی سطح پر نکل کا پالش کیا ہوتا ہے - جب اس کرے کے سوراخ O میں سے باہر کی شعاعیں اس کے اندر داخل ہوتی ہیں تو کرے کی اندرونی دیوار پر سے ان پر بار بار عمل انعکاس ہوتا ہے جسے مضاعف انعکاس (Multiple reflection) کہتے ہیں - اس کے نتیجے میں وہ قریباً سب کی سب کرے کی اندرونی سطح میں جذب ہو جاتی ہیں جس سے عام طور پر ان شعاعوں کے منعکس ہو کر سوراخ میں سے باہر پلٹ آنے کا امکان نہیں ہوتا - البتہ جو شعاعیں سوراخ میں سے گزر کر سیدھی آگے کو جاتی ہیں ان میں سے کچھ شعاعیں سامنے کی سطح سے منعکس ہو کر واپس آ سکتی اور سوراخ میں سے باہر نکل سکتی ہیں - چونکہ کامل سیاہ جسم ہونے کے لیے یہ ضروری ہے کہ باہر کی کوئی شعاع اس کی سطح سے پلٹ کر دوبارہ باہر کو منعکس نہ ہونے پائے اس لیے اندرونی سطح کے اس حصے پر جو سوراخ O کے بالکل سامنے ہوتا ہے ایک نوکیلا ابھار (Projection) P بنا دیا جاتا ہے جو سوراخ O میں سے براہ راست آگے جانی والی شعاعوں کے واپس پلٹ آنے کے امکان کو ختم کر دیتا ہے - اس طرح باہر سے کرے کے اندر داخل ہونے والی ساری شعاعیں اس میں جذب ہو جاتی ہیں اور کرہ صحیح معنوں میں ایک، کامل سیاہ جسم (Perfect black body) بن جاتا ہے -



جب اس کرے یا دوسرے لفظوں میں اس کامل سیاہ جسم کو

شعاعوں کا ماخذ بنانا مقصود ہوتا ہے ، جس پر سے شعاعوں کا اخراج باہر کو ہو سکے تو اس کرے کو سخت گرم کیا جاتا ہے اور اس مقصد کے لیے اسے کسی پگھلے ہوئے نمک (Salt) کے باتھ (Bath) میں رکھا جاتا ہے - چونکہ کامل سیاہ جسم کی یہ خاصیت ہے کہ ٹھنڈے ٹمپریچر پر وہ ہر قسم کی شعاعوں کو جذب کر لیتا ہے اور گرم ٹمپریچر پر وہ ہر قسم کی شعاعوں کو اشعاع کے ذریعے خارج کرنے لگتا ہے، اس لیے یہ کرہ سخت گرم ہونے کے بعد شعاعوں کا ماخذ (Source) بن جاتا ہے - یہاں یہ یاد رکھنا چاہیے کہ اس جسم کا سوراخ O اصل سیاہ جسم ہوتا ہے ، کیونکہ گرم حالت میں تمام قسم کی شعاعیں اس سوراخ سے ہی باہر کو خارج ہوتی ہیں - اس وجہ سے اس سیاہ جسم کے ساتھ تجربہ کرتے وقت یہ احتیاط کی جاتی ہے کہ پیمائش کرنے والے آلے تک جو شعاعیں پہنچیں وہ صرف وہی ہوں جو اس سوراخ O میں سے خارج ہو رہی ہوں - جسم کے باقی حصوں سے آنے والی شعاعوں کو سکرینوں (Screens) کے ذریعے اس آلے تک پہنچنے سے روک دیا جاتا ہے۔

حرارتی شعاعوں کا پتہ لگانے اور انھیں ناپنے والے آلات - حرارتی شعاعوں کا پتہ لگانے اور انھیں ناپنے والے آلات اس اصول پر مبنی ہیں کہ یہ حرارتی شعاعیں جب کسی جسم پر پڑنے کے بعد اس میں جذب ہو جاتی ہیں تو یہ حرارت پیدا کرکے اس جسم کے ٹمپریچر کو بڑھا دیتی ہیں -

ان آلات میں زیادہ مشہور یہ ہیں :

(۱) لیزلی کا تفرق ہوائی تھرمامیٹر (Leslie's differential air thermometer) -

(۲) کروکس کا ریڈیو میٹر (Crooke's radiometer)

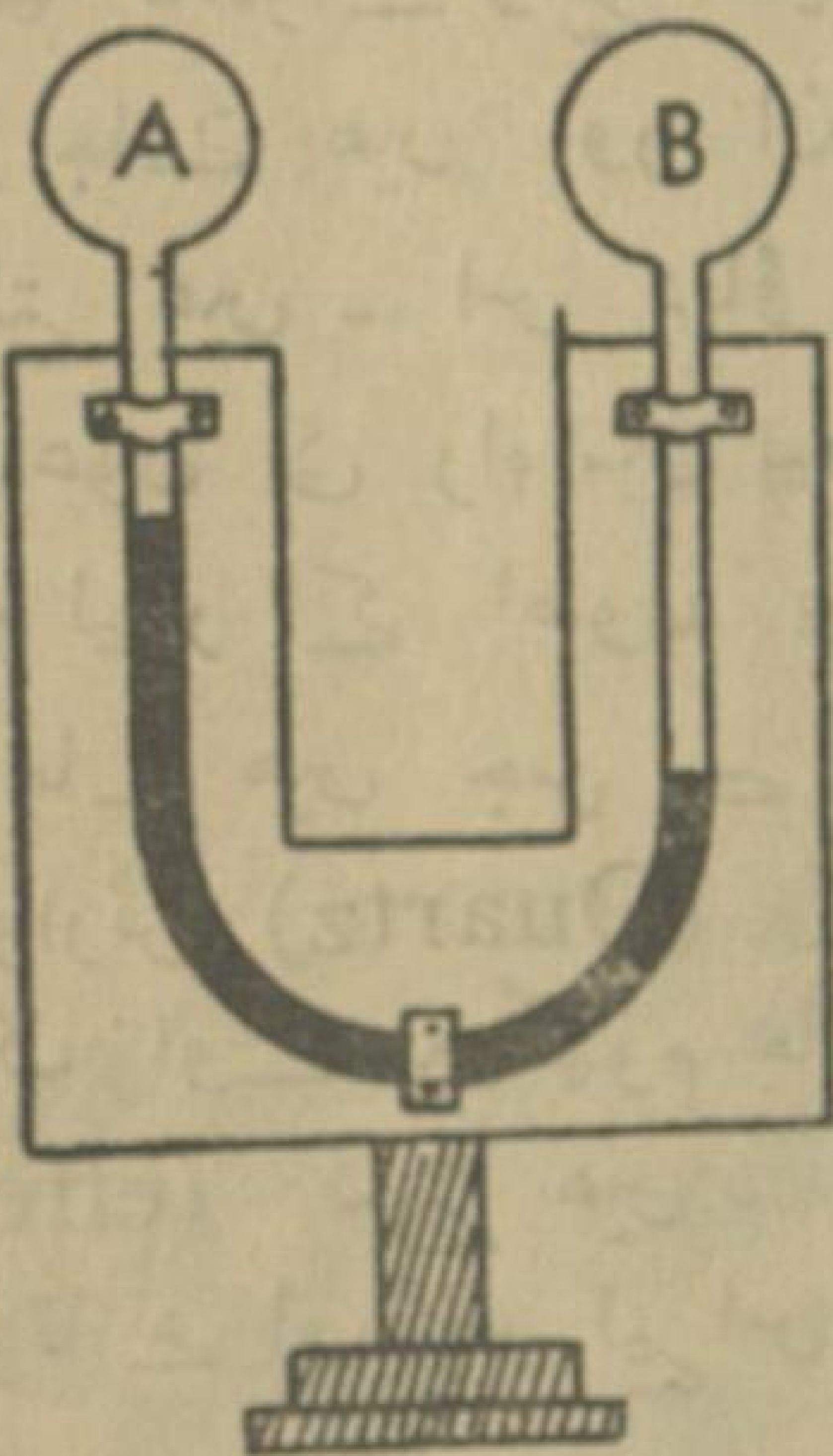
(۳) تھومو پائیل (Thermo-pile)

(۴) بائز کا ریڈیو مائکرومیٹر (Boy's radio micrometer)

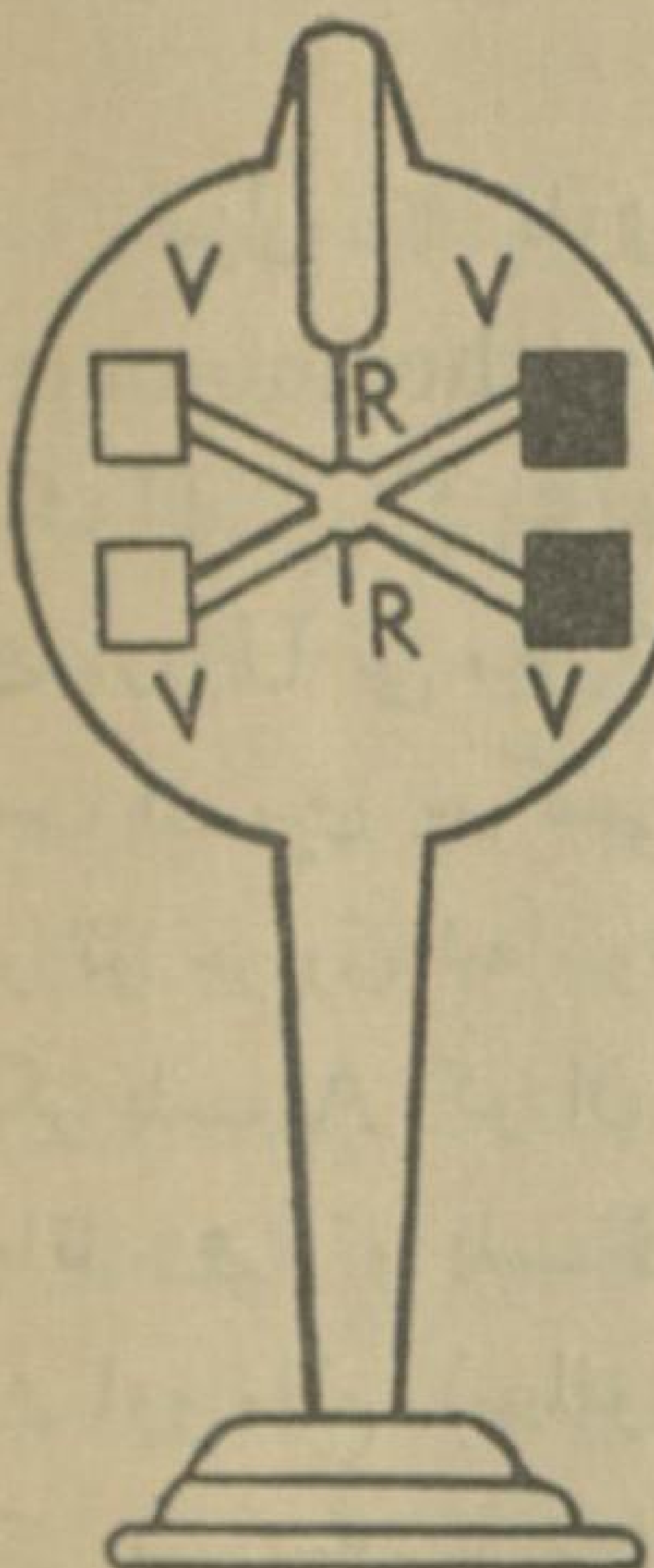
(۵) بولومیٹر (Bolometer)

ذیل میں ان آلات کا حال بیان کیا جاتا ہے -

لیزلی کا تفرقی ہوائی تھرمامیٹر (Leslie's differential air thermometer) - یہ آلہ دو بلبوں A اور B پر مشتمل ہوتا ہے جو ایک U نلی کے ساتھ ملے ہوئے ہوتے ہیں - ہر بلب کے اندر ہوا ہوتی ہے اور U نلی میں کوئی موزوں مائع مثلاً سلفیورک ایسڈ بھرا ہوتا ہے - جب ان میں سے کسی ایک بلب مثلاً بلب B پر تو حرارتی شعاعوں کو پڑنے دیا جاتا ہے - مگر بلب A کو ان حرارتی شعاعوں سے بچایا جاتا ہے تو بلب B کے اندر کی ہوا پھیلتی ہے اور مائع (سیلفورک ایسڈ) کو U نلی کے مینومیٹر (Manometer) میں نیچے دھکیلتی ہے جس سے مائع کی سطح نلی کے اس بازو میں نیچی اور نلی کے دوسرے بازو میں اونچی ہو جاتی ہے - مینومیٹر کے لیول (Level) کا جو فرق اس طور سے قائم ہوتا ہے ، وہ بلب B پر پڑنے والی حرارتی شعاعوں کی شدت کو ظاہر کرتا ہے - یہ آلہ آج کل عملی طور پر بہت کم استعمال ہوتا ہے اور اس لیے اب محض تاریخی اہمیت کا حامل رہ گیا ہے -

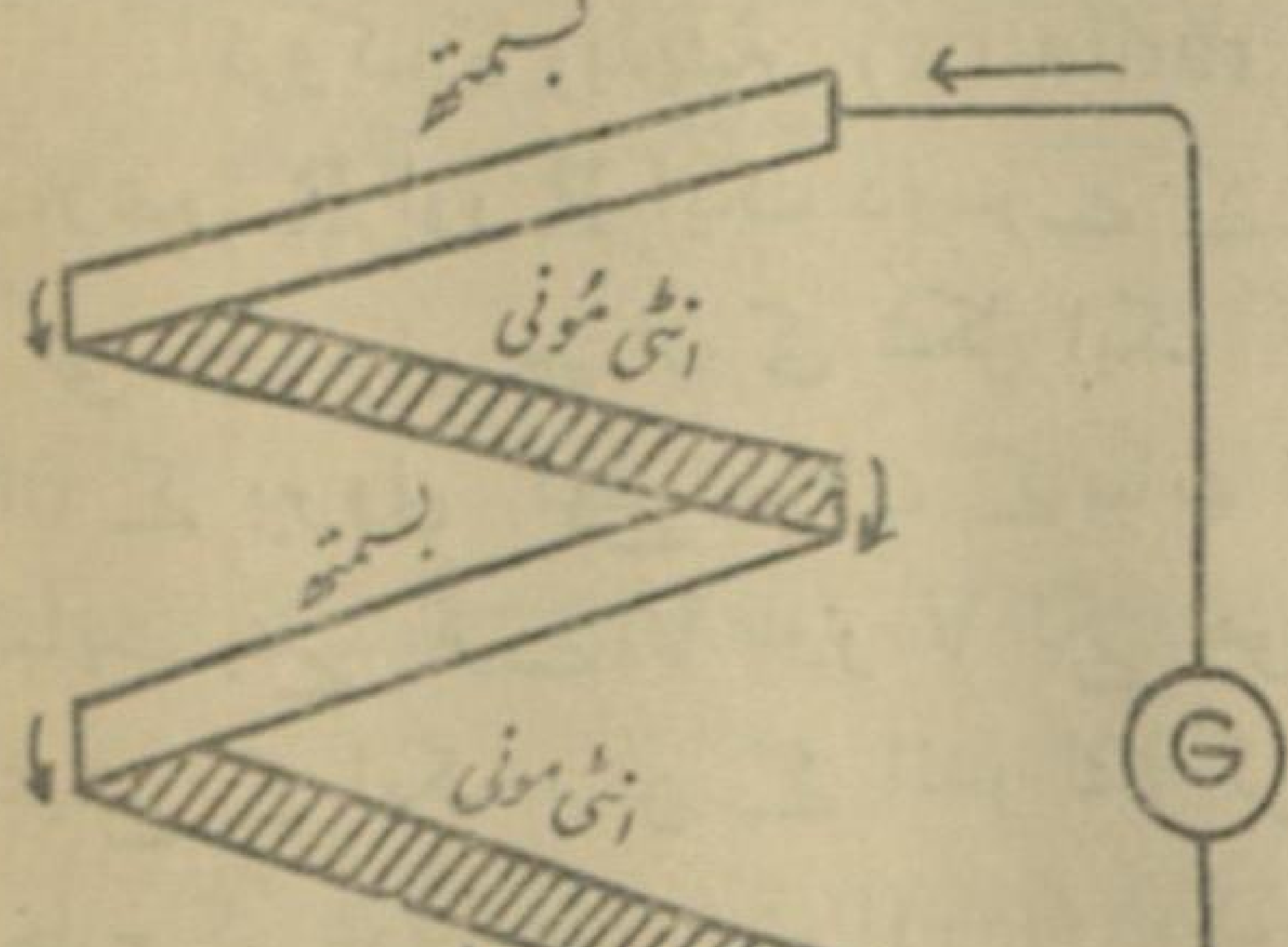


کروک کا ریڈیئیٹر (Crooke's radiator) - الومینیم کی دو ہلکی سلاخیں R اور R ایک دوسرے کے ساتھ زاویہ قائمہ بناتی ہوئی جوڑی گئی ہیں جس سے ان کی شکل ایک کراس (Cross) کی ہو گئی ہے - ان کے بیرونی کھلے سروں کے ساتھ ابرک (Mica) یا قلعی (Tin) کے نہایت پتلے پترے V اور V لگے ہوتے ہیں - اس تمام ساز و سامان کو شیشے کے ایک برتن کے اندر لٹکا کر رکھا جاتا ہے جس میں سے ہوا خارج کی ہوئی ہوتی ہے اور یہ ایک عمودی محور کے گرد گھومنے کے قابل ہوتا ہے - دائیں طرف کے دونوں پتروں کی سامنے کی سطحیں سیاہ کی ہوئی ہوتی ہیں اور پچھلی سطحیں چمکتی ہوتی ہیں مگر بائیں طرف کے دونوں پتروں کی سامنے کی سطحیں چمکیلی اور پچھلی سطحیں سیاہ کی ہوتی ہیں - جب حرارتی شعاعیں ان پتروں پر پڑتی ہیں تو



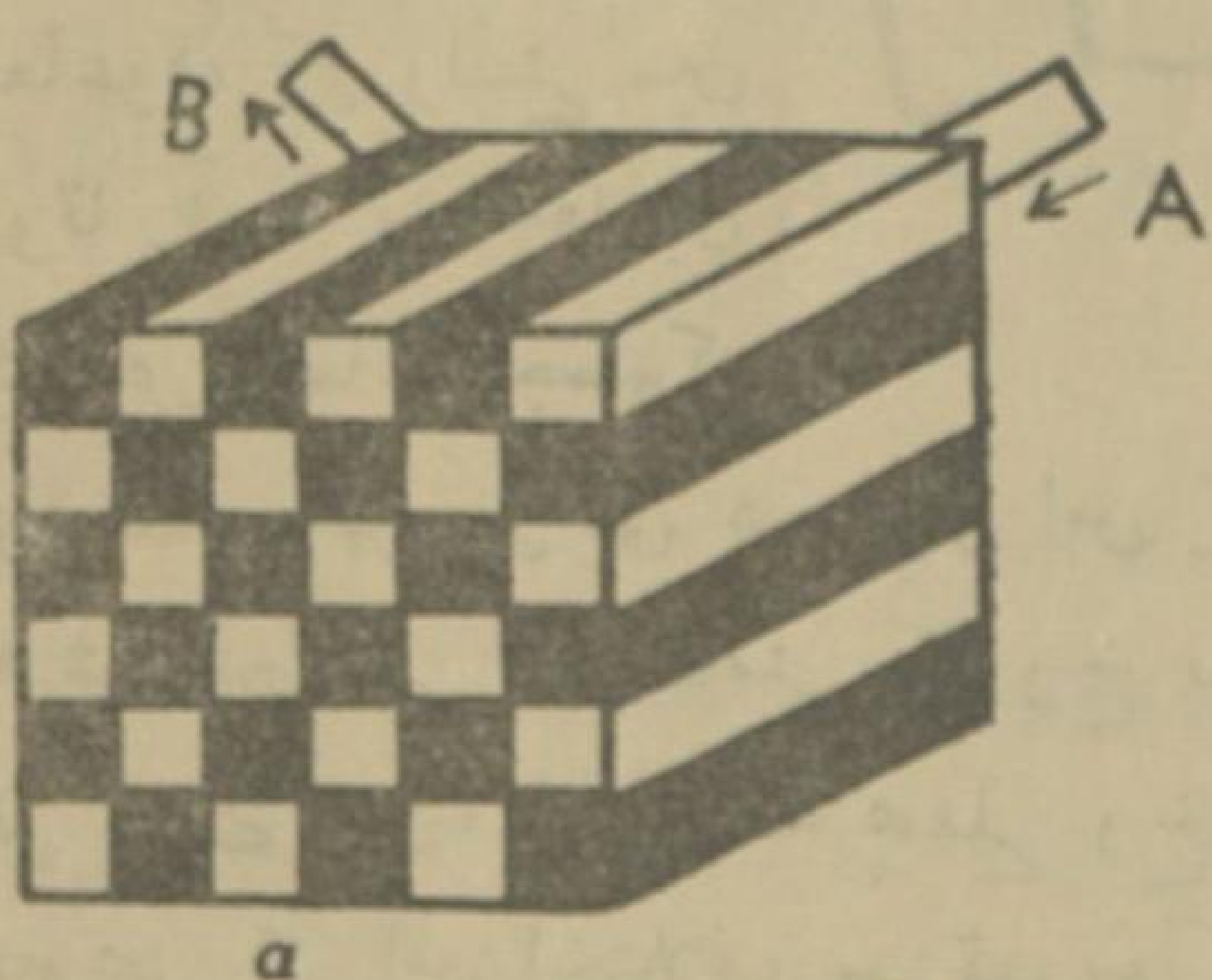
وہ دائیں طرف کے سیاہ پتروں میں نسبتاً زیادہ جذب ہوتی ہیں جس کے باعث سیاہ پتروں کا ٹمپریچر سفید پتروں کے ٹمپریچر سے بڑھا ہوا ہوتا ہے۔ اس وجہ سے جو مالیکیول سیاہ پتروں کے ساتھ ٹکراتے ہیں وہ سفید پتروں کے ساتھ ٹکرانے والے مالیکیولوں سے زیادہ گرم ہو جاتے ہیں اور ان پتروں پر زیادہ دباؤ ڈالتے ہیں۔ اس دباؤ کے ماتحت سیاہ پترے شعاعوں کی راہ میں پیچھے کو ہٹ جاتے ہیں اور لیور کے اصول پر سفید پترے آگے کو آ جاتے ہیں جس سے پتروں کا پورا نظام جو کوارٹز (Quartz) کے نہایت باریک تار سے لٹکا ہوا ہوتا ہے، ایک زاویے میں گھوم جاتا ہے۔ اس اثر کو **شعاع پیمائی اثر** (Radiometer effect) کہتے ہیں۔ گردش کا یہ زاویہ شعاعوں کی شدت پر منحصر ہوتا ہے اور اس لیے اس زاویے سے شعاعوں کی شدت کا اندازہ ہو جاتا ہے۔

تھرمو پائیل (Thermopile)۔ تھرمو پائیل کو حرارتی شعاعوں کی شدت کا پتا چلانے کے لیے سب سے پہلے اٹلی کے ایک سائنس دان میلونی (Melloni) نے 1830ء میں استعمال کیا تھا۔ اس کا تھرمو پائیل (Thermopile) اینٹی مونی (Anti-mony) اور بسمتھ (Bismith) کے متعدد حرارتی جفتوں یعنی تھرمو کپلوں (Thermo-couples) کو ملا ملا کر بنایا جاتا ہے۔ ان میں سے بائیں طرف کے تمام جوڑ (Junction) گرم جوڑوں کا کام دیتے ہیں۔ کیونکہ ان پر حرارتی شعاعیں پڑتی ہیں جو ان کے ٹمپریچروں کو بڑھا دیتی ہیں۔ اس کے برعکس بائیں طرف کے جوڑوں کو حرارتی شعاعوں سے



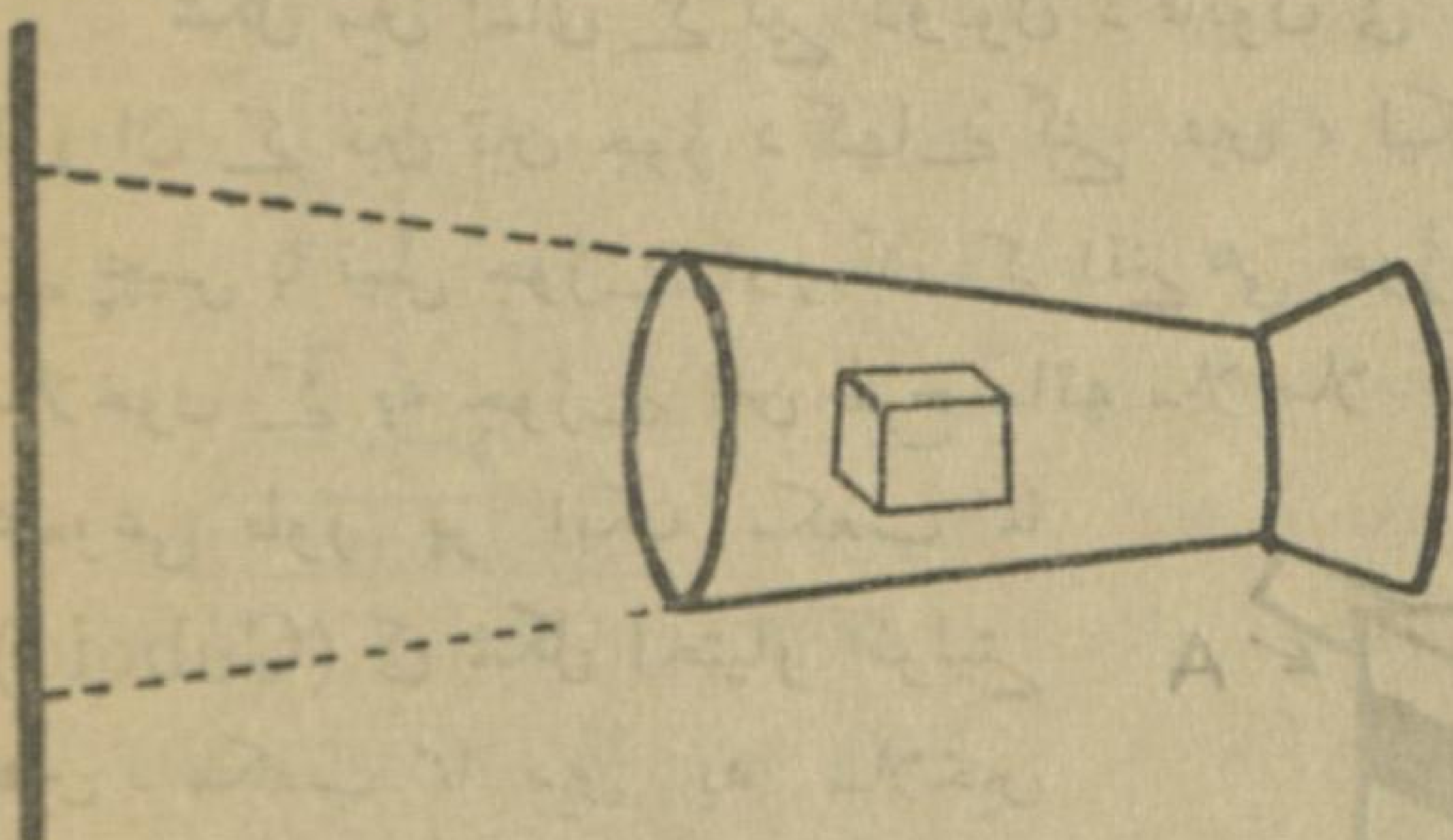
محفوظ رکھا جاتا ہے ۔ اس وجہ سے ان دونوں کا ٹمپریچر قدرے نیچا رہتا ہے ۔ دونوں طرف کے جوڑوں میں ٹمپریچر کے اس اختلاف کے باعث تھرموپائیل کے سرکٹ (Circuit) میں ایک برق رو چلنے لگتی ہے جس کا رخ گرم جوڑ (Hot junction) پر بسمتھ سے اینٹی مونی کی جانب ہوتا ہے ۔

شکل میں آسانی کے لیے دونوں دھاتوں کی سلاخوں کے تین جوڑے اور ان کے تین تین جوڑ دکھائے گئے ہیں ، لیکن اصل آلے میں اس قسم کے پچیس یا تیس جوڑے اور ان کے اتنے ہی جوڑ ہوتے ہیں ۔ علاوہ ازیں سلاخوں کے یہ جوڑے اس طرح ساتھ ملا ملا کر رکھے جاتے ہیں کہ مجموعی طور پر ایک مکعب نما (Cuboid) کی شکل اختیار کرلیتے ہیں ۔ مکعب نما میں یہ سلاخیں الگ الگ دکھائی دے رہی ہیں اور دونوں دھاتوں کی سلاخوں میں تمیز کرنے کے لیے ایک دھات کی سلاخوں کو شکل میں سفید اور



دوسری دھات کی سلاخوں کو سیاہ دکھایا گیا ہے ورنہ اصلی میں وہ سیاہ اور سفید نہیں ہوتیں ۔ ان سلاخوں کے درمیان میں ابرک (Mica) یا پیرافین کاغذ (Paraffin paper) کے نیلے نیلے ورق رکھ کر ان کو ایک دوسرے سے برقی طور پر محجوز (Insulated) رکھا جاتا ہے ۔ چنانچہ دو سلاخیں اپنے جوڑوں کے سوا جو سروں کو سولڈر (Solder) کر کے بنائے جاتے ہیں اور کسی جگہ سے ایک دوسرے کو مس نہیں کرتیں ۔ تمام سلاخوں کے وہ جوڑ (Junctions) جنھیں گرم رکھنا مطلوب ہوتا ہے ، مکعب نما کے ایک رخ پر ہوتے ہیں ۔ اسی طرح سلاخوں کے وہ سارے جوڑ جن کو ٹھنڈا رکھنا مقصود ہوتا ہے ، مکعب نما کے دوسرے رخ کے ساتھ رکھے جاتے ہیں ۔ تھرموپائیل کے کھلے سرے A اور B باہر نکلے ہوئے ہوتے ہیں جن کے درمیان میں گیلوانومیٹر رکھ کر انھیں تاروں سے جوڑا جاتا ہے اور اس طرح

سر کٹ مکمل کر لیا جاتا ہے ۔ مکعب نما کے پچھلے رخ پر جہاں گرم بنائے جانے والے جوڑ اکٹھے کیے ہوتے ہیں، سیاہ روغن مل دیا جاتا ہے ۔ حرارتی شعاعیں مکعب نما کے اسی رخ پر پڑنے دی جاتی ہیں ۔ مکعب نما کا دوسرا رخ جہاں ٹھنڈے رکھے جانے والے جوڑ اکٹھے کیے ہوتے ہیں، ان حرارتی شعاعوں سے محفوظ رکھا جاتا ہے اور اس مقصد کے لیے اس کے اوپر دھات کی ایک ٹوپی چڑھا دی جاتی ہے ۔ مکعب نما کو مخروطی شکل کی ایک چوڑی قیف کے اندر رکھا جاتا ہے ۔ اس قیف کے چوڑے



منہ سے حرارتی شعاعیں اندر آتی ہیں اور مکعب نما کے اس رخ پر پڑتی ہیں، جو ان شعاعوں کے راستے میں ہوتا ہے ۔ یہ شعاعیں اشعاع کے ماخذ جسم کی گرم سطح پر سے آتی ہیں جو اس کے آگے کچھ فاصلے پر ہوتی ہے ۔ جب یہ شعاعیں آلے کے سامنے کے رخ پر پڑتی ہیں تو اس رخ کے جوڑ گرم ہو جاتے ہیں، جب کہ پچھلے رخ کے جوڑ بدستور ٹھنڈے رہتے ہیں ۔ ٹمپریچر کے اس اختلاف سے تھرمو کپل (Thermo couple) میں ایک ای ۔ ایم ۔ ایف (e. m. f.) قائم ہو جاتی ہے جو گیلوانومیٹر میں انصراف (Deflecton) پیدا کر دیتی ہے ۔ یہ انصراف حرارتی شعاعوں کی شدت کے قریباً قریباً متناسب ہوتا ہے ۔ کبھی کبھی اس آلے کے گیلوانو میٹر میں حرارتی شعاعوں کی شدت کے درجے لگا دیے جاتے ہیں جس سے اس شدت کی پیائش براہ راست ہو جاتی ہے اور یہ آلہ ایک راست پیا (Direct reading) آلہ بن جاتا ہے ۔

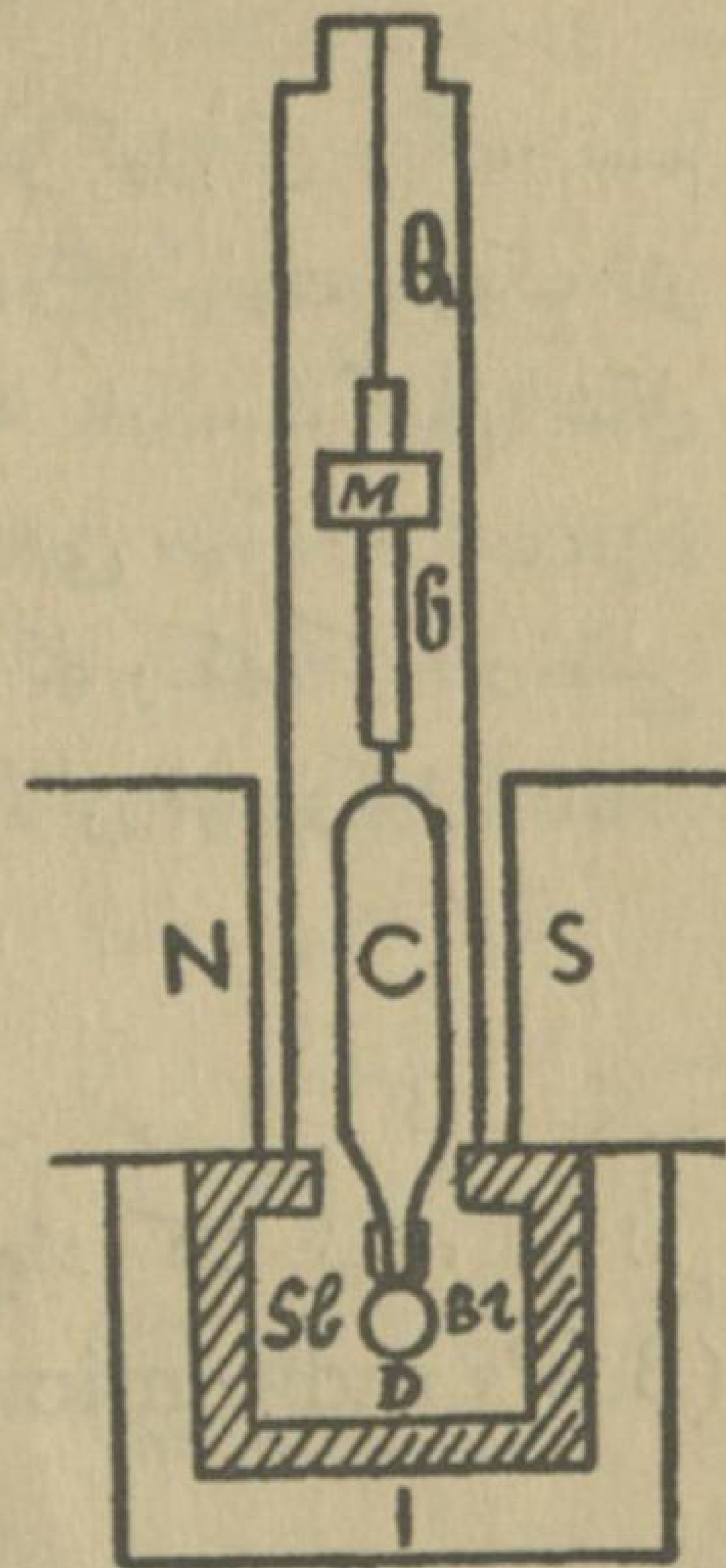
موجودہ زمانے میں جو تھرمو کپل حرارتی شعاعوں کی شدت کو ناپنے کے کام آتا ہے، وہ بنایا تو اسی اصول پر گیا ہے لیکن ساخت کی تفصیل میں وہ اس آلے سے مختلف ہوتا ہے ۔ یہ ترمیم یافتہ آلہ ایک

سائنس‌دان کوبلینز (Coblenz) کی ایجاد ہے جس نے اسے پہلے پہل 1913ء میں بنایا تھا۔

حرارتی شعاعوں کی شدت کو ناپنے والے تھرمو کپل کی ایک قسم اور بھی ہے جس میں سلاخوں کی بجائے دو دھاتوں کے نہایت باریک تار استعمال کیے جاتے ہیں اور گرم جوڑوں کا مجموعہ ایک نوکیلی شکل اختیار کر لیتا ہے۔ اس نوک کو روشنی کے طیف یعنی سپکٹرم (Spec-trum) کے ماورا سرخ (Infra-red) حصے میں رکھ کر اس حصے کی حرارتی شعاعوں کی شدت ناپی جا سکتی ہے۔ اسے لائن تھرموکپل (Line thermo-couple) کا نام دیا جاتا ہے۔

ریڈیو مائکرومیٹر (Radio micrometer) ۔ اس آلے کو ایک سائنس دان بوائز (Boys) نے 1888ء میں ایجاد کیا تھا، اس لیے یہ بوائز کا ریڈیو مائکرو میٹر (Boy's radio micrometer) کہلاتا ہے۔

اس آلے میں C تانبے یا چاندی کے نہایت باریک تار کا ایک حلقہ (loop) ہے جس کے نیچے کے سرے پر اینٹی مونی (Antimony) اور بسمتھ (Bismuth) کی دو چھوٹی سی سلاخیں لگی ہوئی ہیں جو شکل میں اپنے اپنے کیمیائی اشاروں Sb (اینٹی مونی) اور Bi (بسمتھ) سے ظاہر کی گئی ہیں۔ ان سلاخوں کے نیچے کے سرے ایک قرص D کے ذریعے باہم ملے ہیں۔ اس لحاظ سے یہ قرص (Disc) D اینٹی مونی اور بسمتھ کے تھرمو کپل کے ایک جوڑ کا کام دیتا ہے۔ اس اعتبار سے ریڈیو مائکرومیٹر کا اصول بھی ایک تھرمو کپل کا ہی ہے، لیکن عام تھرمو کپل کے ساتھ گیلوانومیٹر اس کے سرکٹ کے اندر لگا ہوتا ہے جب کہ مائکرو میٹر کے ساتھ کام کرنے والا گیلوانومیٹر ایک اور طریقے سے عمل کرتا ہے جس سے وہ کہیں زیادہ حساس (Sensitive) بن جاتا ہے اور ریڈیو مائکرو میٹر کو بھی اتنا ہی حساس بنا دیتا ہے۔ اس کی صورت یہ ہے کہ حلقہ C ایک بہت طاقتور مستقل مقناطیس کے دو قطبوں N اور S کے درمیان



میں لٹکا ہوتا ہے۔ اس کو لٹکانے کا طریقہ یہ ہے کہ اس کے اوپر شیشے کی ایک چھوٹی سی سلاخ G لگا دی جاتی ہے جس کے اوپر کوارٹز (Quartz) کا ایک باریک تار Q لگا ہوتا ہے۔ یہ سارا ساز و سامان پیتل کی ایک نلی کے اندر موجود ہوتا ہے اور کوارٹز کے تار کو اس نلی کی اوپر کی چوٹی کے ساتھ جوڑ دیا جاتا ہے جس سے یہ سارا نظام نلی کے اندر آویزاں ہو جاتا ہے۔ شیشے کی سلاخ G کے ساتھ درمیان میں آئینے کا ایک چھوٹا سا ٹکڑا بھی لگا ہوتا ہے اس طرح مقناطیس کے دونوں قطبوں کے درمیان یہ آویزاں حصہ متحرک لچھے کا گیلوانو میٹر (Moving coil galvanometer) بن جاتا ہے۔

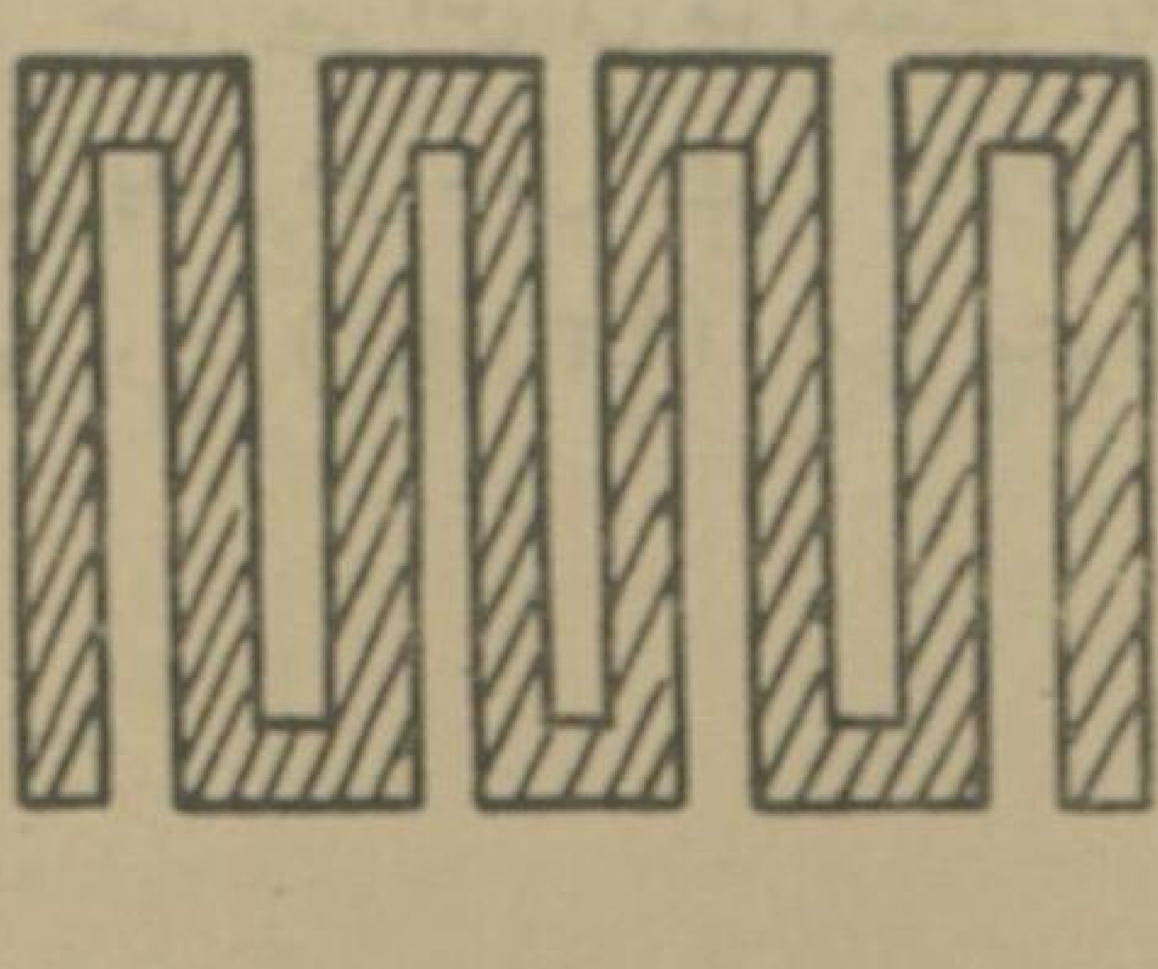
جب حرارتی شعاعیں قرص D پر پڑتی ہیں تو اینٹی مونی اور بسمتھ کے تھرموکپل کے اس جوڑ کو گرم کر دیتی ہیں جس سے تانبے کے تار کے حلقے C میں ایک برق رو چلنے لگتی ہے۔ چونکہ یہ حلقہ ایک طاقتور مقناطیسی میدان میں لٹکا ہوتا ہے، اس لیے اس میں برق رو کے چلنے سے اس پر ایک میکانکی (Mechanical) قوت عمل کرنے لگ جاتی ہے جو اس حلقے کو اور اس کے ساتھ لگی ہوئی سلاخ G اور کوارٹز تار Q کو گھماتی ہے، یہاں تک کہ ایک خاص حد تک گھومنے کے بعد کوارٹز تار کا بحال کن حصہ (Restoring couple) اس میں توازن کی حالت پیدا کر دیتا ہے۔ سلاخ G کے گھومنے سے اس کے ساتھ لگا ہوا آئینے کا ٹکرا M بھی اتنے ہی زاویے میں سے گھوم جاتا ہے۔ اس آئینے تک ایک لیمپ سے جو کافی فاصلے پر پڑا ہوتا ہے، روشنی کی کرن پڑتی ہے اور آئینے سے منعکس ہو جانے کے بعد ایک لمبے پیمانے پر چلی جاتی ہے جس پر روشنی کا ایک دھبا سا نظر آتا ہے۔ جب آئینہ M مذکورہ زاویے میں سے گھومتا ہے تو منعکس کرن اس

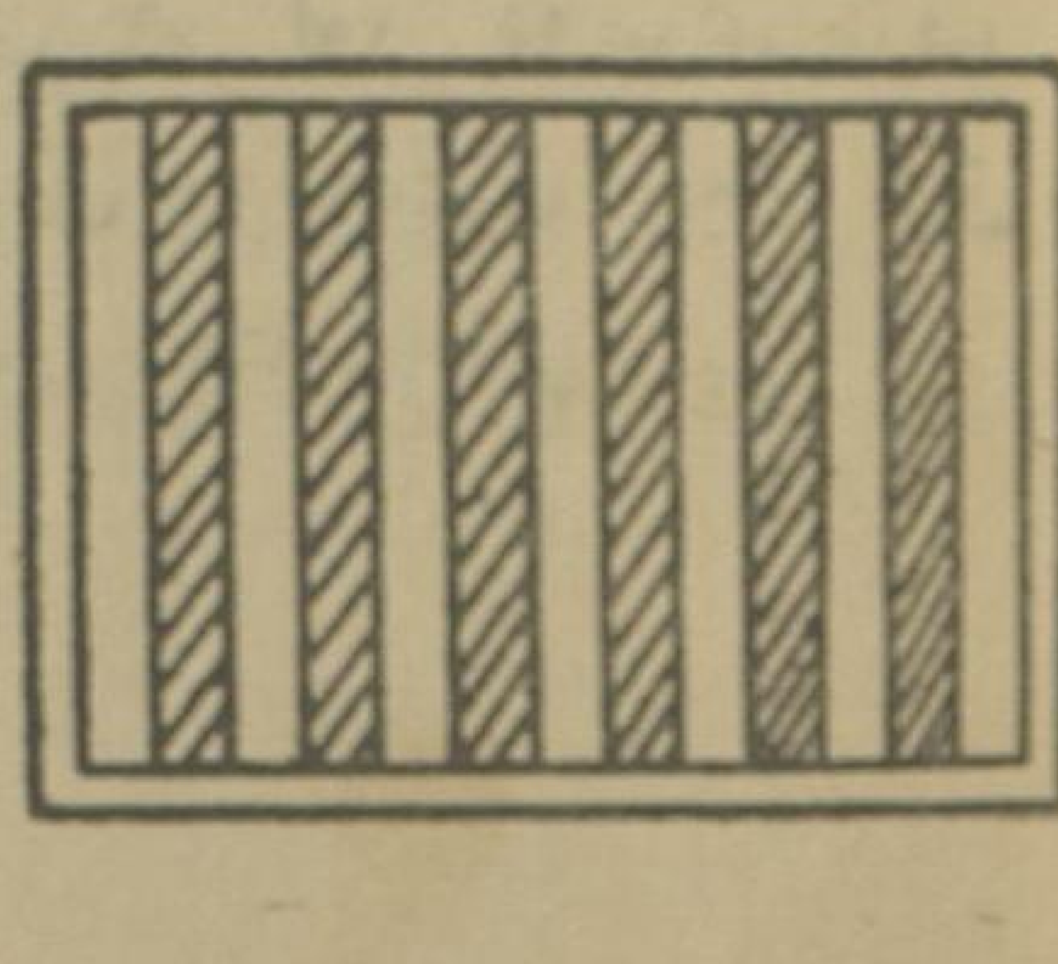
سے دگنے زاویے میں سے گھوم جاتی ہے اور روشنی کا دھبا پیمانے پر اپنی پہلی جگہ سے کافی فاصلے تک ایک طرف کو ہٹ جاتا ہے۔ دھبے کا یہ ہٹاؤ چونکہ حرارتی شعاعوں کے اس آلے پر پڑنے کے باعث پیدا ہوتا ہے، اس لیے اس ہٹاؤ سے حرارتی شعاعوں کی شدت کا علم ہو جاتا ہے۔ یہ آلہ اتنا حساس ہوتا ہے کہ کئی سو گز پر رکھی ہوئی عام موم بتی سے آنے والی شعاعیں بھی اس کو متاثر کر سکتی ہیں۔

اس آلے میں ایک نقص یہ ہے کہ اس کو ہمیشہ ایک مقررہ پوزیشن پر رکھنا پڑتا ہے اور اس پوزیشن سے ہٹا کر اسے استعمال نہیں کیا جا سکتا۔ یہ وہی نقص ہے جو آویزاں لچھے کے گیلوانومیٹر (Suspended coil galvanometer) میں بھی پایا جاتا ہے جس کے ساتھ اس آلے کی مشابہت ظاہر ہے۔

بولومیٹر (Bolometer)۔ حرارتی شعاعوں کا پتہ لگانے اور ان کی شدت کی پیمائش کرنے کے لیے یہ ایک نہایت حساس آلہ ہے جس کو 1887ء میں ایک سائنس دان لینگ لے (Langley) نے ایجاد کیا تھا۔ چونکہ یونانی زبان میں بول (Bole) شعاع کو کہتے ہیں، اس لیے اس کے موجد نے اس کو بولومیٹر (Bolometer) کا نام دیا تھا جس کے لفظی معنی شعاع پیما کے ہیں۔ اس آلے کا اصول یہ ہے جب پلاٹینم کے ایک ورق پر حرارتی شعاعوں کے پڑنے سے اس کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ہے تو اس ورق (Foil) کی برق مزاحمت (Electric resistance) میں بھی فرق پڑ جاتا ہے۔

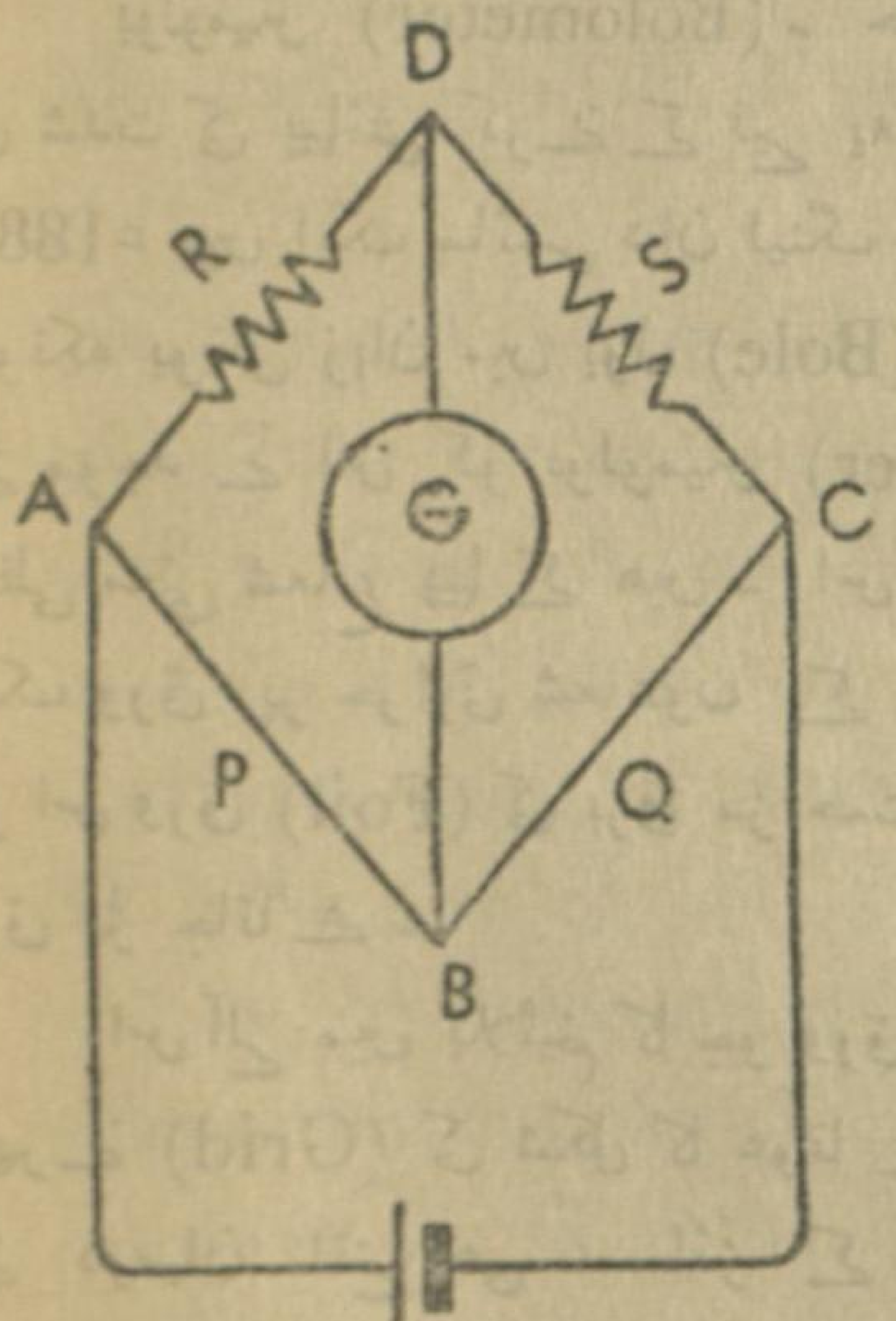
اس آلے میں پلاٹینم کا جو ورق (Foil) استعمال کیا جاتا ہے وہ ایک جھرنے (Grid) کی شکل کا ہوتا ہے جس میں ہر دو مستطیل پتروں کے درمیان اتنے ہی سائز کے شگاف موجود ہوتے ہیں جیسا کہ





بائیں طرف کی شکل میں دکھایا گیا ہے ۔ یہ ورق ایک فریم کے اندر لگا ہوتا ہے جیسا کہ وہ دائیں طرف کی شکل میں وہ نظر آ رہا ہے ۔

پلاٹینم کا یہ ورق بہت پتلا ہوتا ہے ۔ چنانچہ اس کی موٹائی 0·001 سے 0·002 ملی میٹر تک ہو سکتی ہے ۔ اس ورق پر سیاہ روغن ملا ہوتا ہے تاکہ وہ زیادہ سے زیادہ حرارتی شعاعوں کو جذب کر سکے ۔ اس ورق کی برق مزاحمت (Resistance) تو کافی یعنی قریباً 50 اوہم ہوتی ہے ، لیکن اس کی حرارتی گنجائش (Thermal capacity) بہت کم ہوتی ہے جس کی وجہ سے یہ ورق حرارتی شعاعوں کو جذب کر کے بہت جلد اپنے آخری ٹمپریچر تک پہنچ جاتا ہے ۔ بولومیٹر کے آلے میں اس قسم کے جھرنے دار ورق دو استعمال کیے جاتے ہیں جو ہر لحاظ سے ایک جیسے ہوتے ہیں ۔ ان میں سے ایک ورق ایک ویٹ سٹون برج (Wheatstone bridge) کے بائیں بازو R میں اور دوسرا ورق اس کے دائیں بازو S میں داخل کیا ہوتا ہے ۔ اس کے بعد برج (Bridge) میں مزاحمت P اور Q کو برابر برابر لے کر اسے متوازن (Balance) کیا جاتا ہے ۔ اس صورت میں ورق R کی مزاحمت ورق S کی مزاحمت کے عین برابر ہوتی ہے اور ان دونوں کا ٹمپریچر بھی ایک ہوتا ہے ۔ تجزبہ کرنے کے لیے ورق R پر تو حرارتی شعاعوں کو پڑنے دیا جاتا ہے مگر انھیں شعاعوں سے ورق S کی کامل حفاظت کی جاتی ہے ۔ جب ورق R ان شعاعوں کو جذب کرتا ہے تو اس کا ٹمپریچر اونچا ہو



جاتا ہے جس سے اس کی مزاحمت بڑھ جاتی ہے اور دوسری طرف کے ورق سے زیادہ ہو جاتی ہے ۔ دونوں طرف کی مزاحمتوں میں فرق پڑ جانے سے برج (Bridge) اب متوازن نہیں رہتا ۔ اس لیے اس کے

گیلوانومیٹر کی سوئی ایک طرف کو گھوم جاتی ھے۔ مزاحمت P اور Q کو تبدیل کر کے برج کو ایک بار پھر متوازن کیا جاتا ھے اور اس طرح ورق R میں مزاحمت کی زیادتی معلوم کر لی جاتی ھے۔ اس زیادتی سے حرارتی شعاعوں کی شدت کا علم ھو جاتا ھے۔

اس آلے کا پہلا فائدہ یہ ھے کہ جب حرارتی شعاعیں اس کے ورق پر پڑتی ھیں تو اس کے بہت تھوڑا عرصہ بعد اس سے مشاھدہ لینا ممکن ھو جاتا ھے۔ اس کی وجہ یہ ھے کہ اس کے ورق کی حرارتی گنجائش بہت کم ھوتی ھے ، اس لیے وہ بہت تھوڑے وقت میں آخری ٹمپریچر کو پہنچ جاتا ھے۔اس کا ذکر پہلے بھی کیا جا چکا ھے۔

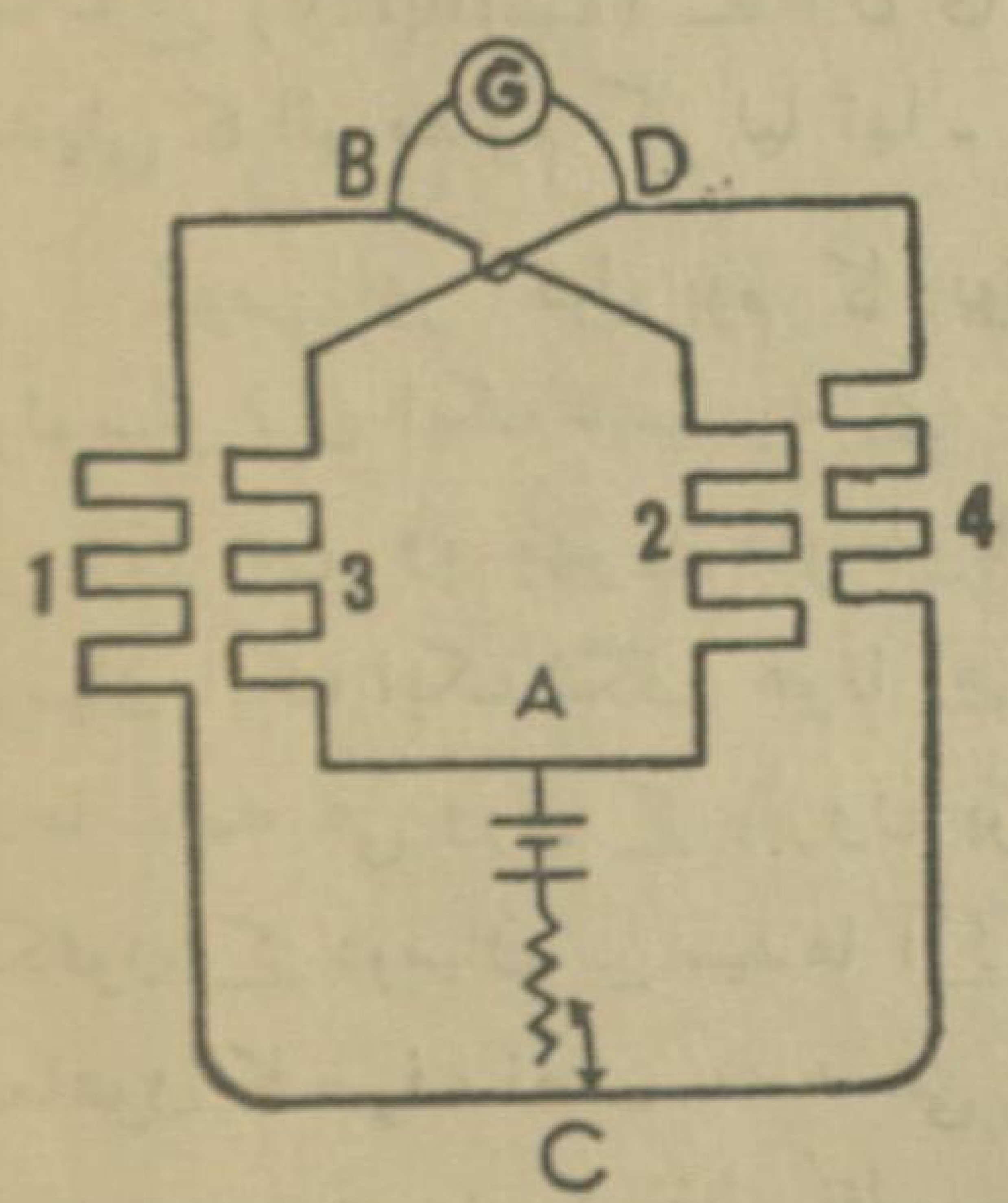
اس آلے کا دوسرا فائدہ یہ ھے کہ یہ بہت زیادہ حساس (Sensitive) ھوتا ھے۔ چنانچہ اگر زیر تجربہ ورق کا ٹمپریچر نہایت خفیف سا بھی بڑھ جائے تو بھی اس آلے سے اس کا پتہ چل جاتا ھے۔ اس کے موجد لینگ لے (Langley) نے اس کی مدد سے 0·0001°C تک ٹمپریچر کی تبدیلی کا اثر معلوم کر لیا تھا۔

لیومر اور کرل بوم کا بولو میٹر۔ لینگ لے (Langley) کے بولومیٹر میں ایک عیب یہ ھے کہ اس میں حرارتی شعاعیں جس ورق پر پڑتی ھیں وہ جھرنے دار ھوتا ھے اور اس میں ھر دو پتروں کے درمیان ایک ایک شگاف ھوتا ھے ، جس کے باعث ان شعاعوں کا صرف آدھا حصہ ھی ورق کے پتروں پر پڑتا ھے اور باقی آدھا حصہ اس کے شگافوں کے درمیان سے سیدھا آگے نکل جاتا ھے۔ اس وجہ سے حرارتی شعاعوں کا صرف نصف حصہ ھی تجربے میں استعمال ھوتا ھے اور باقی نصف حصہ تجربے کے نقطہ نظر سے بے کار جاتا ھے۔ دو سائنس دانوں لیومر (Lummer) اور کرل بوم (Kurlbaum) نے 1892ء میں (یعنی لینگ لے کے بولو میٹر کی ایجاد کے پانچ برس بعد) اپنا بولومیٹر بنایا جس میں لینگ لے کے بولومیٹر کے اس نقص کو دور کر دیا۔ علاوہ ازیں انہوں نے اس بولومیٹر میں چند اور اصلاحیں بھی کیں۔ یہ ترقی یافتہ بولومیٹر اپنے موجدوں کے نام پر لیومر اور

لمر کرل اور بوم کا بولومیٹر (Lummer and Kurlbaum's Bolo-meter) کہلاتا ہے ۔

اس بولومیٹر میں دائیں اور بائیں ایک ایک ورق کی بجائے ورقوں کے ایک ایک جوڑے استعمال کیے جاتے ہیں اور اس طرح اس آلے کے کل چار ورق ہو جاتے ہیں جن میں دو ورق دائیں طرف اور دو ورق بائیں طرف ہوتے ہیں ۔ یہ دونوں ورق بدستور جھرنے دار ہوتے ہیں جن میں ہر دو پتروں کے درمیان ایک ایک شگاف ہوتا ہے ۔ البتہ ان کو آگے پیچھے کر کے اس طور سے رکھا جاتا ہے کہ پچھلے ورق کے سارے پترے اگلے ورق کے سارے شگافوں کے پیچھے آ جاتے ہیں ۔

یہ دونوں ورق مل کر مزاحمت R بناتے ہیں ۔ اس طرح دوسری طرف کے دو ورق بھی اسی طریقے سے آگے پیچھے رکھے جاتے ہیں اور وہ مل کر مزاحمت S بناتے ہیں ۔ شکل میں یہ شگاف علیحدہ علیحدہ دکھانے کے لیے ساتھ ساتھ ظاہر کیے گئے ہیں ، ورنہ اصل میں وہ آگے پیچھے ہوتے ہیں ۔ جب دائیں طرف کے دو ورقوں پر حرارتی شعاعیں پڑتی ہیں تو شعاعوں کا نصف حصہ اگلے



ورق کے پتروں میں جذب ہو جاتا ہے اور باقی نصف حصہ اس ورق کے شگافوں میں سے گزر کر پیچھے چلے جاتا ہے ۔ وہاں یہ نصف حصہ پچھلے ورق کے پتروں پر پڑتا ہے اور ان میں جذب ہو جاتا ہے ۔ اس طرح حرارتی شعاعیں تمام کی تمام جو ورقوں کے اس جوڑے پر پڑتی ہیں ، دونوں ورقوں میں جذب ہو کر کام آ جاتی ہیں اور ان کا ایک حصہ بے کار نہیں جاتا ۔ دوسری طرف کے دونوں ورق حرارتی شعاعوں سے بالکل محفوظ رکھے جاتے ہیں ۔ یہ دونوں جوڑے R اور S

حسب دستور ویٹ سٹون برج (Wheatstone bridge) کے ایک ایک بازو میں شامل کیے ہوتے ہیں اور پورا آلہ اسی طریقے سے کام کرتا ہے جس کا بیان پہلے بولو میٹر یعنی لینگ لے کے بولو میٹر (Langley's bolometer) میں ہو چکا ہے۔ البتہ ویٹ سٹون برج میں ان کی شمولیت کا ظاہری نقشہ کچھ مختلف ہو جاتا ہے جس کی صورت شکل سے ظاہر ہے۔

اس بولومیٹر میں دوسری اصلاح یہ کی گئی کہ اس کے ورق اور زیادہ باریک بنائے گئے ہیں چنانچہ جہاں لینگ لے (Langley) کے بولومیٹر کے ورقوں کی موٹائی 0·002 ملی میٹر تھی، وہاں اس بولو میٹر کے ورقوں کی موٹائی 0·0005 ملی میٹر رکھی گئی۔ اس بولومیٹر میں تیسری اصلاح یہ کی گئی کہ اس کے ساتھ جو گیلوانو میٹر ویٹ سٹون برج (Wheatstone bridge) میں استعمال کیا گیا، وہ بہت زیادہ حساس (Sensitive) تھا۔

حرارتی شعاعوں کی ماہیت اور روشنی کی شعاعوں کے ساتھ ان کی مشابہت - سورج کی روشنی اور سورج کی حرارت یہ دونوں ہم تک اکٹھی پہنچتی ہیں۔ جب سورج گرہن واقع ہونے سے اس کی روشنی زمین پر پہنچنے سے رک جاتی ہے تو اس وقت سورج کی حرارت بھی روشنی کے ساتھ کٹ جاتی ہے۔ ان ظاہری شواہد سے یہ خیال بڑی دیر سے عام چلا آتا تھا کہ سورج کی روشنی کی شعاعوں اور سورج کی حرارت کی شعاعوں میں کوئی گہری مماثلت ہے۔ جب حرارتی شعاعوں کا پتہ لگانے اور ان کی شدت ناپنے کے لیے مختلف آلات ایجاد ہوئے اور ان کی مدد سے ان حرارتی شعاعوں کی تحقیقات کی گئی تو یہ بات پایۂ ثبوت کو پہنچ گئی کہ حرارتی شعاعوں اور روشنی کی شعاعوں کی ماہیت ایک ہے اور دونوں ایک سی بنیادی خاصیتیں رکھتی ہیں۔

حرارتی شعاعوں کی یہ مشہور خاصیتیں جو روشنی کی شعاعوں کے ساتھ مشترکہ ہیں، ذیل میں بیان کی جاتی ہیں۔

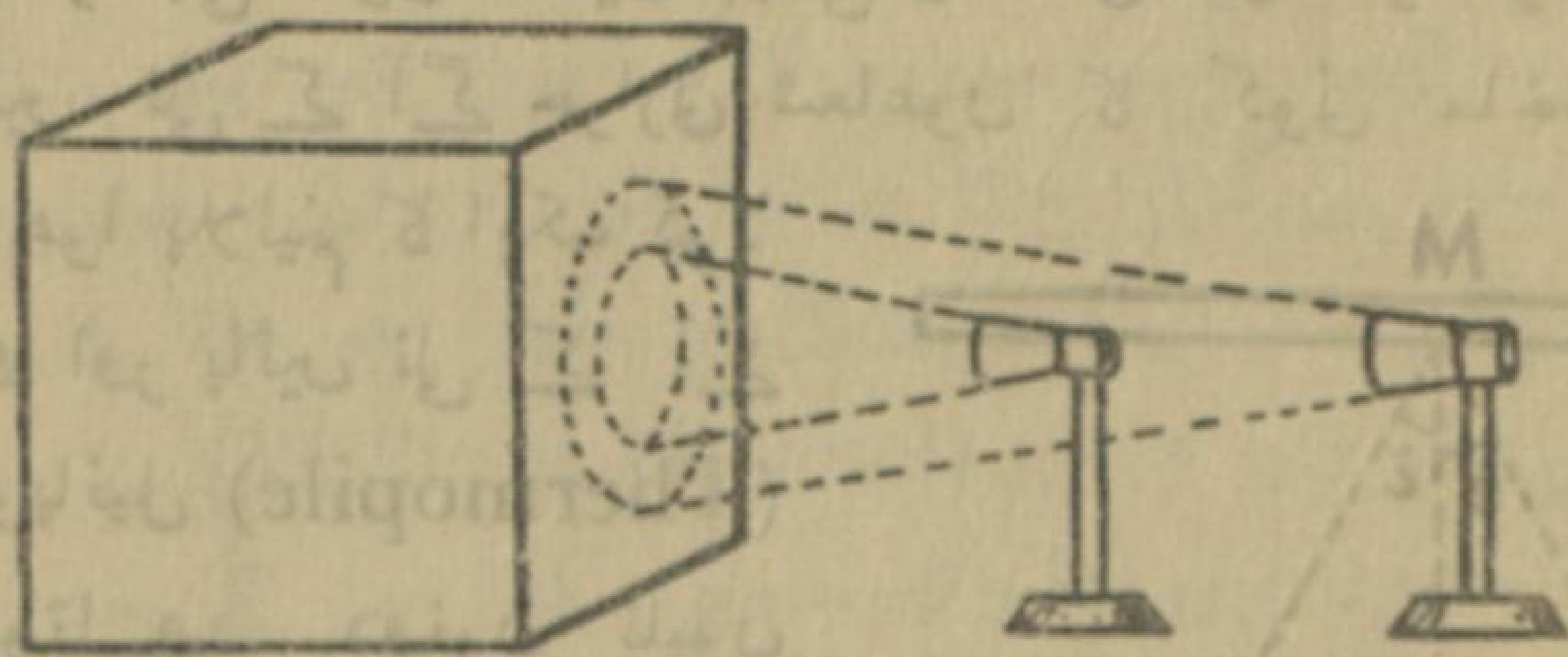
حرارتی شعاعیں خلا میں روشنی کی رفتار کے ساتھ سفر کرتی ہیں۔ سورج کی روشنی اور حرارت دن کو برابر ہم تک پہنچتی ہے۔ چونکہ

زمین اور سورج کے درمیان زیادہ حصہ خلا کا ہے ، اس سے ظاہر ہے کہ روشنی کی شعاعوں کی طرح حرارتی شعاعیں بھی خلا میں سفر کرتی ہیں۔ علاوہ ازیں چونکہ وہ ہم تک اکٹھی پہنچتی ہیں اور سورج گرہن کے دوران میں اکٹھی ہی کٹ جاتی ہیں ، اس سے ثابت ہو جاتا ہے کہ حرارتی شعاعوں کی رفتار بھی وہی ہوتی ہے جو روشنی کی شعاعوں کی ہے۔

حرارتی شعاعیں روشنی کی طرح سیدھے خطوں میں چلتی ہیں۔ اس کا ثبوت ایک تجربے سے ملتا ہے جس میں لکڑی کے تین ایسے تختے استعمال کیے جاتے ہیں جو اپنے اپنے سٹینڈ پر عموداً نصب ہوتے ہیں اور جن کے درمیان میں ایک ایک سوراخ نکلا ہوا ہوتا ہے۔ ان تختوں کو آگے پیچھے اس طور سے رکھا جاتا ہے کہ ان کے سوراخ بالکل ایک سیدھ میں ہوتے ہیں۔ اس کے بعد سب سے آگے کے تختے کے سوراخ کے سامنے ایک گرم گولہ جو حرارتی شعاعوں کا ماخذ ہوتا ہے، رکھ دیا جاتا ہے اور سب سے پیچھے کے تختے کے سوراخ کے اس طرف ایک تھرموپائیل (Thermopile) نصب کر دیا جاتا ہے۔ یہ تھرموپائیل حرارتی شعاعوں کو جو تینوں سوراخوں میں سے آ رہی ہوتی ہیں ، جذب کرتا ہے اور ان کا اثر تھرموپائیل سے ظاہر ہو جاتا ہے لیکن اگر درمیان کے تختے کو ذرا سا ہلا دیا جائے جس کے باعث تینوں سوراخ ایک سیدھ میں نہ رہیں تو پھر تھرموپائل سے حرارتی شعاعوں کا اثر ظاہر نہیں ہوتا کیونکہ سوراخوں کے ایک خط مستقیم میں نہ رہنے کے باعث گرم گولے سے نکلنے والی حرارتی شعاعیں تھرموپائیل تک نہیں پہنچ سکتیں۔ اس تجربے سے معلوم ہوتا ہے کہ روشنی کی شعاعوں کی طرح حرارتی شعاعیں بھی خط مستقیم میں سفر طے کرتی ہیں۔

حرارتی شعاعیں روشنی کی شعاعوں کی طرح معکوس مربع کے قانون کی پیروی کرتی ہیں۔ حرارتی شعاعیں جب اپنے ماخذ سے چلتی ہیں تو فاصلے کے ساتھ ان کی شدت میں کمی آتی جاتی ہے۔ چنانچہ کسی خاص نقطے پر یہ شدت ماخذ سے اس نقطے کے فاصلے کے مربع کے بالعکس متناسب ہوتی ہے۔ اس کو **معکوس مربع کا قانون** (Law of inverse square) کہتے ہیں۔ حرارتی شعاعوں کے لیے اس قانون کو ثابت کرنے

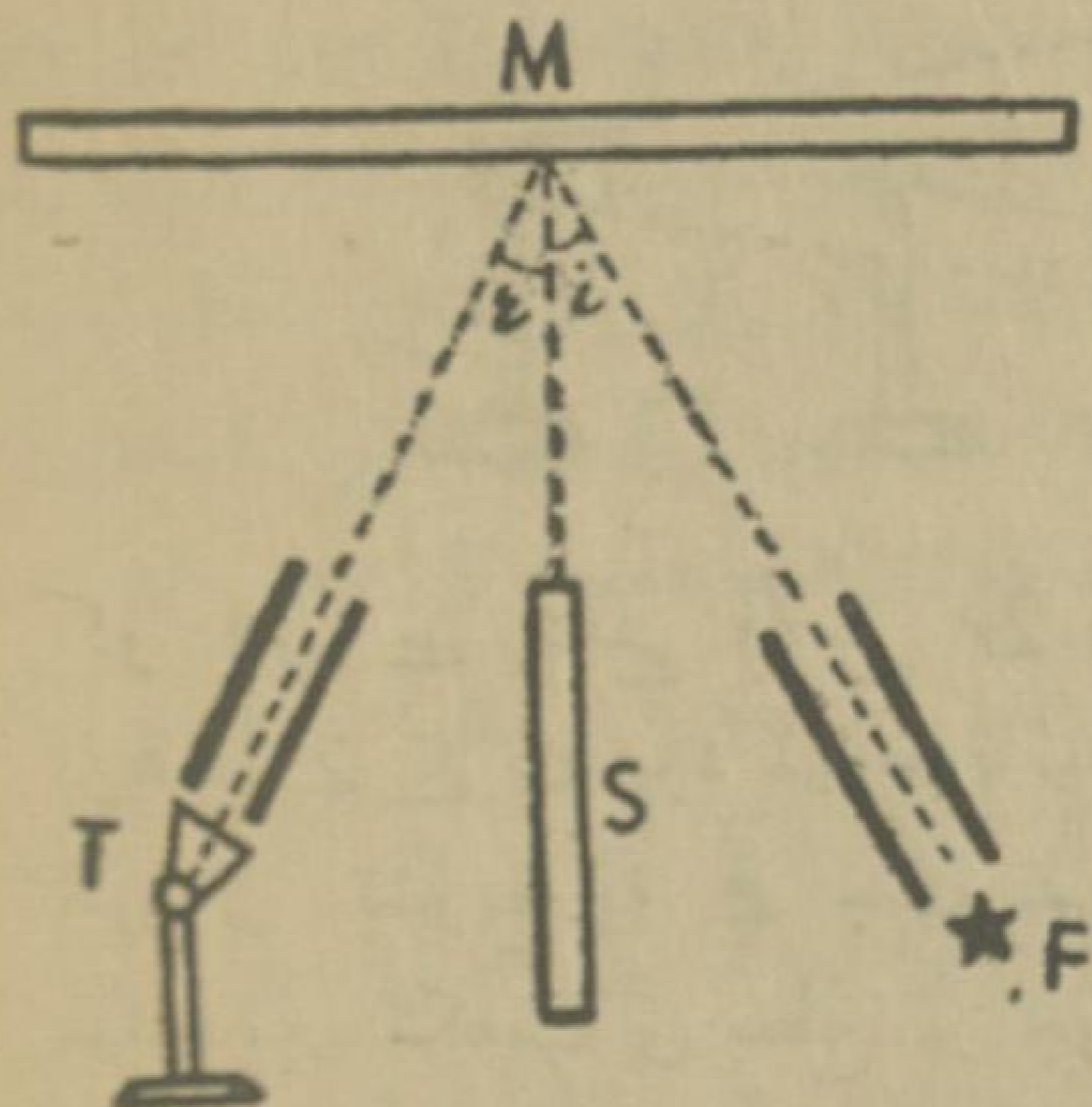
کے لیے ایک لیزلی مکعب (Leslie cube) C لو اور اس کو تیز گرم پانی سے بھرو جس کے بعد اس کی سیاہ سطح پر سے حرارتی شعاعوں کا اخراج شروع ہو جائے گا ۔ ان شعاعوں کی راہ میں تھوڑے سے فاصلے r پر ایک تھرموپائیل (Thermopile) رکھو اور حرارتی شعاعوں سے جذب کے باعث اس میں جو انصراف (Deflection) پیدا ہو، اُسے نوٹ کرو۔ اب تھرموپائیل



کو اس سے دگنے فاصلے $2r$ پر لے جاؤ تو معلوم ہو گا کہ فاصلے کے بڑھ جانے کے باوجود تھرموپائیل کا انصراف پہلے جتنا ہی رہتا ہے ۔ اس کی تشریح یہ ہے جب تھرموپائیل r فاصلے پر ہوتا ہے تو اس کی سیدھ میں مکعب کی سطح پر جو فرضی دائرہ A بنتا ہے ، صرف اس سطح سے حرارتی شعاعیں اس تھرموپائیل تک پہنچتی ہیں ۔ اگر اس دائرے کا نصف قطر x ہو تو اس کا رقبہ πx^2 ہوتا ہے ۔ جب تھرموپائیل دگنے فاصلے یعنی $2r$ پر ہوتا ہے تو اس کی سیدھ میں مکعب پر کا فرضی دائرہ B بڑا ہو جاتا ہے اور اس کا نصف قطر پہلے سے دگنا یعنی $2x$ اور اس وجہ سے اس کا رقبہ $4\pi x^2$ ہو جاتا ہے ۔ چونکہ تھرمو پائیل کا انصراف (Deflection) دونوں صورتوں میں ایک ہی رہتا ہے ، اس سے ظاہر ہے کہ پہلی صورت میں πx^2 رقبے سے آنے والی حرارتی شعاعوں کی شدت دوسری صورت میں $4\pi x^2$ رقبے سے آنے والی حرارتی شعاعوں کی شدت کے برابر ہوتی ہے ۔ چونکہ دوسری صورت میں ماخذ سے چلنے والی شعاعیں پہلی صورت کے مقابلے میں 4 گنا ہیں، لیکن ان کا اثر تھرموپائل پر وہی ہے ، اس سے ظاہر ہے کہ دوسری صورت میں تھرموپائیل تک پہنچتے پہنچتے ان کی شدت $\frac{1}{4}$ رہ جاتی ہے - چونکہ دوسری صورت میں تھرموپائیل کا فاصلہ ماخذ سے پہلی صورت کے مقابلے میں $\frac{1}{2}$ ہے ، اس سے

ظاہر ہے کہ یہ شدت فاصلے کے مربعے کے بالعکس متناسب ہے ۔ اس طرح حرارتی شعاعوں کے لیے معکوس مربع کا قانون (Law of inverse square) ثابت ہو جاتا ہے ۔

حرارتی شعاعوں کا انعکاس انہیں قوانین کے ماتحت ہوتا ہے جو روشنی کے لیے مقرر ہیں ۔ اس کو ثابت کرنے کے لیے ذیل کا تجربہ کیا جا سکتا ہے ۔ M ایک صیقل شدہ دھات کا آئینہ ہے جس کے سامنے دو نلیاں اس طور سے رکھی ہوئی ، ہیں جیسی وہ شکل میں نظر آ رہی ہیں ۔ ان میں سے دائیں نلی کے آگے حرارتی شعاعوں کا کوئی ماخذ مثلاً گرم سفید کیا ہوا پلاٹینم کا ایک گولا پڑا ہوتا ہے اور بائیں نلی کے آگے ایک تھرموپائیل (Thermopile) T رکھا ہوتا ہے ۔ دونوں نلیوں کے عین بیچ میں ایک سکرین (Screen) رکھی ہوئی ہے جو گولے سے حرارتی شعاعوں کو براہ راست تھرموپائیل تک جانے سے



روکتی ہے ۔ گرم گولے سے حرارتی شعاعیں دائیں نلی میں سے ہو کر آئینے کی سطح پر پڑتی ہیں اور وہاں سے منعکس ہو کر دوسری طرف پلٹ آتی ہیں ۔ اب اگر بائیں نلی بھی عمودی خط (Normal) کے ساتھ وہی زاویہ بناتی ہو جو داہنی نلی اس خط کے ساتھ بنا رہی ہے تو تھرموپائیل میں ٹمپریچر بہت تیزی سے بڑھتا ہے ۔ لیکن اگر اس نلی کا زاویہ اس سے مختلف ہو تو تھرموپائیل کے ٹمپریچر میں کوئی نمایاں زیادتی پیدا نہیں ہوتی ۔ اس تجربے سے ظاہر ہو جاتا ہے کہ حرارتی شعاعوں کے لیے بھی زاویہ وقوع (Angle of incidence) اور زاویہ انعکاس (Angle of reflection) برابر ہوتے ہیں ۔

حرارتی شعاعوں کا انعطاف (Refraction) **روشنی کی شعاعوں کی طرح ہوتا ہے ۔** جب ایک محدب عدسے (Convex lens) کی مدد سے

سورج کی شعاعوں کو سیاہ کپڑے کے ٹکڑے پر فوکس کیا جاتا ہے تو کپڑے کو آگ لگ جاتی ہے۔ اس سے ثابت ہوتا ہے کہ محدب عدسے میں سے گزرنے کے بعد جس طرح روشنی کی شعاعیں منعطف (Refract) ہو کر ایک نقطے پر مرکوز ہو جاتی ہیں، بالکل اسی طرح حرارتی شعاعیں بھی منعطف ہو کر اسی نقطے پر جمع ہو جاتی ہیں جس کے باعث اس نقطہ ماسکہ یعنی فوکس پر کپڑے کو آگ لگ جاتی ہے۔

علاوہ ازیں جب سورج کی شعاعوں کو ایک منشور یعنی پرزم (Prism) میں سے گزارا جاتا ہے تو اس کا ایک طیف یعنی سپیکٹرم (Spectrum) سکرین (Screen) پر حاصل ہو جاتا ہے۔ 1800ء میں ایک سائنس دان ولیم ہرشل (William Herchel) نے جب اس طیف کے مختلف حصوں میں ایک تھرمامیٹر رکھا جس کے بلب پر سیاہ روغن ملا ہوا تھا، تو اس نے معلوم کیا سرخ شعاعوں سے ذرا پرے تھرمامیٹر کو لانے پر اس کا پارہ سب سے زیادہ اوپر چڑھتا ہے۔ اس کے معنی یہ ہیں کہ اگرچہ یہ حصہ آنکھوں کو دکھائی نہیں دیتا مگر وہاں حرارتی شعاعوں کی کثرت ہوتی ہے جو منشور میں سے انعطاف کے قوانین (Laws of refraction) کے ماتحت منعکس ہو کر آتی ہیں۔ چونکہ یہ خاص حرارتی شعاعیں طیف (Spectrum) کے سرخ حصے کے پرے پائی جاتی ہیں ، اس لیے ان کو ماورا سرخ شعاعیں (Infra-red rays) کہتے ہیں۔

اوپر کے دونوں تجربوں سے ظاہر ہوتا ہے کہ ایک عدسے (Lens) یا ایک منشور (Prism) میں جس طرح روشنی کی شعاعوں کا انعطاف ہوتا ہے، حرارتی شعاعوں کا انعطاف بھی بالکل اسی طرح ہوتا ہے۔ گویا روشنی کی شعاعوں کی طرح حرارتی شعاعیں بھی انعطاف کے قوانین کی مکمل پیروی کرتی ہیں۔

روشنی کی شعاعوں کی طرح حرارتی شعاعوں میں بھی تقطیب (Polarisation) کا عمل ہوتا ہے۔ جب عام روشنی کو جس میں تموجات (Vibration) ہر سمت میں ہو رہے ہوتے ہیں ، تورملین

(Tourmaline) کے کرسٹل میں سے گزارا جاتا ہے تو یہ تموجات صرف ایک ہی سطح میں ہونے لگتے ہیں ۔ اس وقت کہا جاتا ہے کہ ان شعاعوں پر تقطیب (Polarisation) کے عمل کے واقع ہونے کے باعث وہ مسطح تقطیب شدہ (Plane polarised) ہو گئی ہیں ۔ جب ان تقطیب شدہ شعاعوں کی راہ میں تورملین (Tourmaline) کا ایک اور کرسٹل اس طور سے رکھ دیا جائے کہ اس دوسرے کرسٹل کا محور (Axis) پہلے کرسٹل کے محور کے متوازی ہو تو تقطیب شدہ شعاعیں دوسرے کرسٹل میں سے بھی بخوبی نکل جاتی ہیں ، لیکن اگر دوسرے کرسٹل کے گھمانے سے اسے ایسی حالت میں لایا جائے کہ اس کا محور پہلے کرسٹل کے محور پر عمود ہو جائے تو پہلے کرسٹل کی تقطیب شدہ شعاعیں دوسرے کرسٹل میں سے بالکل گزرنے نہیں پاتیں ۔ جب اس قسم کا تجربہ حرارتی شعاعوں کے ساتھ کیا جاتا ہے تو اسی قسم کے نتائج حاصل ہوتے ہیں جس سے ثابت ہوتا ہے کہ روشنی کی شعاعوں کی طرح حرارتی شعاعوں پر بھی تقطیب (Polarisation) کا عمل ہوتا ہے ۔

روشنی کی شعاعوں کی طرح حرارتی شعاعوں میں بھی تداخل (Interference) اور انکسار (Diffraction) کے عمل ہوتے ہیں - ایک سائنس دان مائکل سن (Michelson) نے اپنے مشہور تداخل پیما یعنی انٹرفیرومیٹر (Interferometer) کے ذریعے جس طرح روشنی کی مختلف شعاعوں کا طول موج (Wave length) ناپا تھا ، اسی طرح اس نے اپنے اسی آلے سے حرارتی شعاعوں کے طول موج (Wave length) کی بھی پیمائش کی تھی ۔ چونکہ اس کا یہ آلہ تداخل (Interference) کے اصول پر کام کرتا ہے ، اس سے ظاہر ہو جاتا ہے کہ روشنی کی شعاعوں کی طرح حرارتی شعاعوں میں بھی تداخل (Interference) کا عمل واقع ہوتا ہے ۔

فیزیو (Fizeau) اور فوکات (Focault) نے، جو فرانس کے مشہور سائنس دان گزرے ہیں ، حرارتی شعاعوں میں انکسار (Diffraction) کا عمل کر کے دکھایا تھا اور اس طرح ثابت کیا تھا کہ حرارتی

شعاعوں کا طول موج (Wave length) روشنی کے شعاعوں کے طول موج سے زیادہ ہوتا ہے۔

حرارتی شعاعوں اور روشنی کی شعاعوں کی نوعیت کا ایک ہونا۔
اوپر کے تمام تجربات اور مشاہدات سے یہ نتیجہ نکلتا ہے کہ حرارتی شعاعوں اور روشنی کی شعاعوں کی نوعیت بالکل ایک ہے۔ وہ اشعاعی توانائی (Radiant energy) کی دو قسمیں ہیں جس کی اشاعت فضا میں عرضی موجوں (Transverse waves) کی صورت میں ہوتی ہے۔ ان میں فرق صرف طول موج (Wave length) اور تعدد (Frequency) کا ہے۔ چنانچہ روشنی کی شعاعوں کا جو آنکھ کو متاثر کرتی ہیں، طول موج (Wave length) $3{\cdot}9 \times 10^{-5}$ سنٹی میٹر سے لے کر $7{\cdot}7 \times 10^{-5}$ سنٹی میٹر تک اور تعدد (Frequency) 8×10^{-14} سے لے کر 4×10^{14} تک ہوتا ہے۔ لیکن حرارتی شعاعوں کا طول موج جو ماورا سرخ (Infra-red) حصے میں پائی جاتی ہیں، 8×10^{-5} سنٹی میٹر سے لے کر 4000×10^{-5} سنٹی میٹر تک اور ان کا تعدد 5×10^{14} سے لے کر 3000×10^{-14} تک ہو سکتا ہے، یہ ماورا سرخ شعاعیں (Infra red rays) آنکھ کو متاثر نہیں کرتیں لیکن ان میں حرارتی اثر پایا جاتا ہے۔ اس لیے ان کا شمار حرارتی شعاعوں (Thermal rays) میں ہوتا ہے۔ اس سے البتہ یہ خیال پیدا نہیں ہونا چاہیے کہ روشنی کی شعاعیں حرارتی اثر سے خالی ہوتی ہیں۔ روشنی کی شعاعیں بھی حرارتی توانائی کی اشاعت کرتی ہیں اور حرارتی اثر رکھتی ہیں، لیکن یہ اثر ماورا سرخ (Infra-red) شعاعوں کے حرارتی اثر سے کم ہوتا ہے۔ اس کے برعکس ان شعاعوں کا ضیائی اثر بہت زیادہ ہوتا ہے جب کہ ماورا سرخ شعاعوں (Infra-red rays) میں یہ ضیائی اثر بالکل نہیں ہوتا۔

روشنی کی شعاعوں اور حرارتی شعاعوں کے علاوہ بعض دیگر قسموں کی شعاعوں کی اشاعت بھی فضا میں ہوتی ہے:— مثلاً کائناتی شعاعیں (Cosmic rays)، ایکس ریز (X-rays) اور ریڈیو کی موجیں (Radio-waves) - یہ بھی شعاعوں کے اسی خاندان سے تعلق

رکھتی ھیں اور ان کی نوعیت بھی وھی ھے جو روشنی کی شعاعوں اور حرارتی شعاعوں کی ھے - البتہ روشنی کی شعاعوں کے مقابلے میں ان شعاعوں کے طول موج (Wave length) اور تعدد (Frequency) میں بڑا فرق ھے - چنانچہ کائناتی شعاعوں (Cosmic rays) اور ایکس ریز (X-rays) کا طول موج عام روشنی کی شعاعوں کے مقابلے میں بہت کم اور ان کا تعدد بہت زیادہ ھوتا ھے اس کے برعکس ریڈیو کی موجوں (Radio waves) کا طول موج نہ صرف روشنی کی شعاعوں سے ، بلکہ حرارتی شعاعوں سے بھی بہت زیادہ اور ان کا تعدد اسی نسبت سے کم ھوتا ھے -

آنگ سٹرام یونٹ (Angstrom unit) - اوپر کے بیان میں روشنی کی شعاعوں اور حرارتی شعاعوں کے طول موج (Wave lentgth) کو سنٹی میٹروں میں ظاھر کیا گیا ھے - مگر چونکہ یہ طول موج بے حد چھوٹے ھوتے ھیں ، اس لیے ان کے لیے طول کا ایک اور یونٹ (Unit) وضع کیا گیا ھے - یہ یونٹ سویڈن کے ایک سائنس دان آنگ سٹرام (Angstrom) نامی کی اختراع ھے ، اس لیے یہ آنگ سٹرام یونٹ (Angstrom unit) کہلاتا ھے - اسے بعض اوقات مخفف کر کے A.U. لکھا جاتا ھے - ایک آنگ سٹرام یونٹ 10^{-8} سنٹی میٹر کے برابر ھوتا ھے -

مختلف شعاعوں کا نقشہ - جن شعاعوں کا ذکر اوپر گزر چکا ھے ، ذیل کے نقشے میں ان کے طول موج (Wave length) ایک خانے میں سنٹی میٹروں میں اور دوسرے خانے میں آنگ سٹرام یونٹوں میں اور ان کے تعدد ایک علیحدہ خانے میں دور فی سیکنڈ (Cycles per second) میں دیے گئے ھیں -

شعاعیں	طول موج: سنٹی میٹروں میں	طول موج: آنگ سٹرام یونٹوں میں	تعدد: دور فی سیکنڈ میں
کائناتی شعاعیں Cosmic rays	10^{-12} سم سے 10^{-10} سم تک	10^{-4} سے 10^{-2} تک	10^{22} سے اوپر
گاما شعاعیں γ-rays	10^{-10} سم سے 1.4×10^{-8} سم تک	10^{-2} سے 1.4 تک	6×10^{20} سے 6×10^{18} تک
ایکس ریز X-rays	10^{-9} سم سے 10^{-5} سم تک	10^{-1} سے 10^{3} تک	6×10^{19} سے 6×10^{15} تک
ماروا بنفشی شعاعیں Ultra-violet rays	10^{-6} سم سے 3.9×10^{-6} سم تک	10^{2} سے 39×10^{2} تک	6×10^{16} سے 8×10^{14} تک
دیدنی شعاعیں Visible rays یا روشنی کی شعاعیں	3.9×10^{-6} سم سے 77×10^{-4} سم تک	3900 سے 7700	8×10^{14} سے 4×10^{14} تک
ماروا سرخ شعاعیں Infra-red rays	7.7×10^{-4} سم سے 4×10^{-2} سم تک	7700 سے 4×10^{6} تک	4×10^{14} سے 10^{12} تک
چھوٹی ریڈیو موجیں Short radio waves	10^{-2} سم سے 4×10^{2} سم تک	10^{6} سے 4×10^{11} تک	4×10^{12} سے 8×10^{6} تک
درمیانہ ریڈیو موجیں Medium radio waves	4×10^{3} سم سے 8×10^{4} سم تک	8×10^{11} سے 8×10^{12} تک	4×10^{12} سے 8×10^{6} تک

حرارتی شعاعوں کا اخراج اور جذب - جب کوئی جسم اونچے ٹمپریچر پر ہو تو وہ حرارتی شعاعوں کو خارج کرنے لگتا ہے۔ اسے **حرارتی شعاعوں کا اخراج** (Emission) کہتے ہیں - ایسی صورت میں شعاعیں خارج کرنے والا یہ جسم خود **خارج کنندہ** (Emitter) یا **شعاع ریز** (Radiator) کہلاتا ہے۔

جب یہی جسم خود تو نیچے ٹمپریچر پر ہو لیکن ایک اور جسم اونچے ٹمپریچر پر اس کے قریب پڑا ہو اور حرارتی شعاعیں خارج کر رہا ہو تو یہ (پہلا) جسم ان شعاعوں کو جذب کرتا ہے۔ اسے **حرارتی شعاعوں کا جذب** (Absorption) کہتے ہیں - ایسی حالت میں یہ جسم خود **جاذب** (Absorber) کہلاتا ہے۔

نوٹ : اس توضیح سے ظاہر ہے کہ ایک ہی جسم مختلف ٹمپریچر پر خارج کنندہ (Emitter) اور جاذب (Absorber) ہو سکتا ہے۔ یعنی جب اس کا اپنا ٹمپریچر نسبتاً اونچا ہو تو وہ خارج کنندہ (Emitter) ہوتا ہے اور اس سے شعاعوں کا اخراج (Emission) عمل میں آتا ہے ، لیکن جب اس کا ٹمپریچر نسبتاً نیچا ہو تو وہ جاذب (Absorber) ہوتا ہے اور شعاعوں کو جذب کرتا ہے۔

اخراجی طاقت (Emissive power) - اگر ایک سیاہ سطح اور ایک سفید چمکیلی سطح دونوں ایک ہی اونچے ٹمپریچر پر ہوں تو یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ اگرچہ وہ دونوں ہی شعاعوں کا اخراج کرتی ہیں ، لیکن ان میں سے سیاہ سطح سے شعاعوں کا اخراج (Emission) زیادہ اور سفید چمکیلی سطح سے شعاعوں کا اخراج کم ہوتا ہے۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاتا ہے کہ **سیاہ سطح کی اخراجی طاقت** (Emissive power) **زیادہ اور سفید چمکیلی سطح کی اخراجی طاقت کم ہوتی ہے۔**

اخراجی قوت کے مقابلے کے لئے کامل سیاہ جسم (Perfect black body) کی سطح کو معیار مانا جاتا ہے اور اس کی اخراجی طاقت (Emissive power) ایک یعنی 100% تسلیم کی جاتی ہے۔ دیگر سطحوں کی اخراجی

طاقتیں اس کے ساتھ مقابلہ کرکے متعین کی جاتی ھیں ۔ عام سیاہ جسموں میں سے کاجل (Lamp black) کامل سیاہ جسم (Perfect black body) کے قریب ترین ہوتا ھے ۔ چنانچہ کاجل کی سطح کی اخراجی طاقت 98% ہوتی ھے ۔

ذیل کے نقشے سے مختلف اشیاء کی اخراجی طاقتوں کا اندازہ ہو سکتا ھے ۔

نام شے	اخرجی طاقت
کاجل	98%
دیسی سیاھی	88%
پلاٹینم	11%
تانبا	5%
چاندی	2% سے 3%

اخراجی طاقت کی سادہ تعریف ۔ کسی سطح کی اخراجی طاقت (Emissive power) کی جامع تعریف تو آگے آئےگی ، مگر اس کے متعلق جو کچھ اوپر بیان کیا گیا ھے اس کی روشنی میں اس کی سادہ تعریف یوں کی جا سکتی ھے ۔

کسی سطح کی اخراجی طاقت سے وہ نسبت مراد ہوتی ھے جو اس سطح کے ایک مربع سنٹی میٹر رقبے سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی حرارتی توانائی اور ایک کامل سیاہ سطح کے ایک مربع سنٹی میٹر رقبے سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی حرارتی توانائی میں پائی جاتی ھے جب کہ ان دونوں سطحوں کا ٹمپریچر برابر ہو اور ان سے حرارتی شعاعوں کا اخراج ایک ہی ماحول میں عمل میں آ رہا ہو ۔

سطحی اخراجیت (Surface Emissivity) - جب کسی سطح کا ٹمپریچر اس کے ماحول سے بقدر 1°C اونچا ہو تو اس سطح کا ایک مربع سنٹی میٹر رقبہ فی سیکنڈ جتنی شعاعی توانائی خارج کرتا ھے اسے اس سطح کی **سطحی اخراجیت** (Surface emissivity) یا **محض اخراجیت** (Emissivity) کہتے ھیں ۔ اسے عموماً حرف E سے تعبیر کیا جاتا ھے ۔

اخراجی طاقت اور اخراجیت ۔ کسی سطح کی اخراجی طاقت (Emissive power) اور اس کی اخراجیت (Emissivity) کی جو تعریفیں اوپر کی گئی ہیں ، ان سے ظاہر ہوتا ہے کہ اگر ایک سطح کی اخراجیت E ہو اور اس سطح کی اخراجی طاقت e ہو جب کہ ایک کامل سیاہ سطح کی اخراجیت E′ ہو تو

$$e = \frac{E}{E'}$$

مختلف سطحوں کی اخراجی طاقتوں کا موازنہ کرنا ۔ لیزلی (Leslie) وہ پہلا سائنس دان تھا جس نے 1804ء میں اپنے مکعب (Cube) کے ذریعے جو اس کے نام پر لیزلی مکعب (Leslie Cube) کہلاتا ہے ، مختلف سطحوں کی اخراجی طاقتوں (Emissive powers) کا مقابلہ کیا تھا ۔ اس نے اپنے تجربے میں حرارتی شعاعوں کی شدت معلوم کرنے کے لئے تفرقی ہوائی تھرموسکوپ (Differential air thermoscope) کا استعمال کیا تھا مگر اب اس کی بجائے تھرموپائیل (Themopile) کو استعمال کر کے یہ تجربہ دھرایا جا سکتا ہے ۔

لیزلی کا مکعب دھات کا ایک ایسا مکعب ہوتا ہے جس کی چار اطراف سطحیں مختلف نوعیت کی بنا دی جاتی ہیں ۔ مثلاً ایک طرفی سطح پر کالا روغن مل کر اسے بالکل سیاہ کر دیا جاتا ہے ، دوسری طرف سطح سادہ رکھی جاتی ہے ، تیسری طرفی سطح پر سفید روغن ملا ہوتا ہے اور چوتھی طرفی سطح پر پالش کر کے اسے چمک دار بنا دیا جاتا ہے ۔

تجربہ کرنے کے لیے اس مکعب کے اندر پانی ڈال کر حرارت پہنچائی جاتی ہے جس سے پانی اور اس کے ساتھ ہی مکعب بھی ایک اونچے ٹمپریچر پر پہنچ جاتا ہے ۔ اب ایک تھرموپائیل (Themopile) کو اس مکعب سے کچھ فاصلے پر رکھ کر مکعب کی چاروں اطراف سطحوں کو باری باری تھرموپائیل (Thermopile) کے سامنے لایا جاتا ہے ۔ ہر اطرافی سطح جو حرارتی شعاعیں خارج کرتی ہیں ، وہ تھرموپائیل پر اثر انداز ہوتی ہیں اور اس کے گیلوانو میٹر (Galvanometer) میں انصراف

(Deflection) پیدا کرتی ہیں ۔ تجربے سے معلوم ہوتا ہے کہ جب کاجل ملی ہوئی سطح تھرموپائیل کے سامنے ہوتی ہے تو اس کا انصراف (Deflection) سب سے زیادہ ہوتا ہے۔ جب عام سطح تھرموپائیل کے سامنے آتی ہے تو اس کا انصراف اس سے کم ہوتا ہے ۔ جب سفید روغن ملی ہوئی سطح کو تھرموپائیل کے سامنے لایا جاتا ہے تو یہ انصراف اور گھٹ جاتا ہے اور جب چمک دار سطح تھرموپائیل کے سامنے لائی جاتی ہے تو یہ انصراف سب سے کم ہوتا ہے ۔ اس سے ثابت ہو جاتا ہے کہ لیزلی کے مکعب کی سیاہ سطح کی اخراجی طاقت (Emissive power) سب سے زیادہ ، عام سطح کی اس سے کم ، سفید سطح کی اس سے بھی کم اور چمک دار سطح کی سب سے کم ہوتی ہے ۔

نوٹ : اس تجربے میں دو احتیاطیں ضروری ہیں ۔ (اول) لیزلی کے مکعب کو جس برنر (Burner) سے حرارت پہنچائی جاتی ہے ، اسے تھرموپائیل سے کامل طور پر پردے میں رکھنا چاہیے تاکہ برنر کی خارج کردہ حرارتی شعاعیں تھرموپائیل تک نہ پہنچ سکیں ۔ اس مقصد کے لیے تھرموپائیل اور برنر کے درمیان کوئی موٹا تختہ بطور حفاظتی ڈھال کے رکھ دیا جاتا ہے ۔

(دوم) ہر مشاہدے کے دوران میں مکعب کے مرکز سے تھرموپائیل کا فاصلہ ایک ہی رہنا چاہیے ۔

جذبی طاقت (Absorptive power)۔ جب ایک سیاہ سطح اور ایک سفید چمکیلی سطح ایک گرم جسم سے یکساں فاصلے پر پڑی ہوں اور اس گرم جسم سے خارج شدہ حرارتی شعاعیں دونوں سطحوں پر پڑ رہی ہوں تو یہ بات تجربے سے ثابت ہے کہ سیاہ سطح حرارتی توانائی کو زیادہ جذب کرتی ہے اور چمکیلی سطح حرارتی توانائی کو نسبتاً کم جذب کرتی ہے ۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاتا ہے کہ **سیاہ سطح کی جذبی طاقت** (Emissive power) **زیادہ اور سفید چمکیلی سطح کی جذبی طاقت کم ہوتی ہے ۔**

جذبی طاقت کا مقابلہ کرنے کے لیے بھی کامل سیاہ جسم (Perfect black body) کی سطح ہی کو معیار مانا جاتا ہے ۔ یہ

سطح اس تمام حرارتی توانائی کو جو اس پر پڑتی ھے جذب کر لیتی ھے اس لیےاس کی جذبی طاقت ایک یعنی 100% ھوتی ھے ۔ دیگر سطحوں کی جذبی طاقتیں اس کے ساتھ مقابلہ کر کے متعین کی جاتی ھیں ۔ ذیل کے نقشے سے مختلف اشیا کی جذبی طاقتوں کا اندازہ ھو سکتا ھے ۔

نام شے	جذبی طاقت
کاجل	98%
دیسی سیاھی	85%
لاکھ	72%
تانبا (غیر چمکیلی سطح)	13%

جذبی طاقت کی سادہ تعریف ۔ سادہ طور پر کسی سطح کی جذبی طاقت (Absorptive power) سے وہ نسبت مراد ھوتی ھے جو اس سطح کے ایک مربع سنٹی میٹر رقبے میں فی سیکنڈ جذب ھونے والی حرارتی توانائی اور ایک کامل سیاہ سطح کے ایک مربع سنٹی میٹر رقبے میں فی سیکنڈ جذب ھونے والی حرارتی توانائی میں پائی جاتی ھے جب کہ ان دونوں سطحوں کے حالات ایک سے ھوں ۔

پس اگر ایک سیکنڈ میں کسی سطح کا اکائی رقبہ حرارتی توانائی Q_1 جذب کرتا ھو اور انھیں حالات میں ایک کامل سیاہ سطح (مثلاً کاجل کی سیاہ سطح) کا اکائی رقبہ حرارتی توانائی Q جذب کرتا ھو تو

$$a = \frac{Q_1}{Q}$$

جب کہ a اس دی ھوئی سطح کی جذبی طاقت ھو ۔

اب چونکہ ایک کامل سیاہ جسم وہ ساری حرارتی توانائی جذب کر لیتا ھے جو اس پر پڑ رھی ھو ، اس لیے اس کی جذبی طاقت 1 ھوتی ھے۔ اس کا مطلب یہ ھے کہ اگر ایک کامل سیاہ سطح کا اکائی رقبہ فی سیکنڈ حرارتی توانائی Q جذب کر رھا ھو تو اس پر پڑنے والی حرارتی توانائی بھی Q ھی ھوتی ھے ۔ ادھر دی ھوئی سطح کے اکائی رقبے پر بھی اس

حالت میں پڑنے والی حرارتی توانائی فی سیکنڈ Q ھی ھوتی ھے ۔ مگر اوپر بیان کیا جا چکا ھے کہ $\frac{Q_1}{Q}$ اس سطح کی جذبی طاقت ھوتی ھے ۔ اس سے ھمیں اس جذبی طاقت کی ایک اور تعریف حاصل ھوتی ھے جو حسب ذیل ھے :

کسی دی ھوئی سطح کی جذبی طاقت (Absorptive power) سے وہ نسبت مراد ھوتی ھے جو اس سطح میں جذب ھونے والی حرارتی توانائی اور اس سطح پر پڑنے والی کل حرارتی توانائی مین پائی جاتی ھے ۔

کسی شے کی جذبی طاقت کا مقابلہ کاجل کی جذبی طاقت سے کرنا ۔

کاجل (Lamp black) قریباً قریباً ایک کامل سیاہ جسم ھے اس لیے اس کی جذبی طاقت (Absorptive power) ایک لی جا سکتی ھے ۔ اس کا مطلب یہ ھے کہ اگر کسی شے کی جذبی طاقت کا مقابلہ کاجل کی جذبی طاقت کے ساتھ کرلیا جائے تو اس شے کی جذبی طاقت کی پیمائش ھوسکتی ھے ۔ یہ مقابلہ کرنے کے لیے ذیل کا طریقہ اختیار کیا جا سکتا ھے ۔

ایک تھرمامیٹر کے بلب پر کاجل مل دیا جاتا ھے ۔ اس کے بعد اس کو زیادہ سے زیادہ ٹمپریچر تک گرم کیا جاتا ھے اور پھر اسے کھلی ھوا میں رکھ کر ٹھنڈا ھونے دیا جاتا ھے۔ اس کا ٹمپریچر تھوڑے تھوڑے برابر برابر وقفوں کے بعد ناپا جاتا ھے اور ان پیمائشوں کی بنا پر ٹمپریچر اور وقت کا ایک کج خط (Curve) کھینچ لیا جاتا ھے جو اس صورت میں ٹھنڈک کا کج خط (Cooling curve) ھوتا ھے ۔

اب تھرمامیٹر کے بلب پر ایک عدسے (Lens) کے ذریعے حرارتی شعاعوں کو مرکوز کیا جاتا ھے۔ حرارتی شعاعیں اس میں جذب ھوتی ھیں اور تھرمامیٹر کا ٹمپریچر بتدریج اونچا ھونے لگتا ھے ۔ یہاں تک کہ وہ ایک خاص ٹمپریچر پر پہنچ کر قیام پذیر ھو جاتا ھے ۔ یعنی اس کے بعد وہ مزید اونچا نہیں ھوتا۔ اس حالت میں تھرمامیٹر کا بلب جتنی حرارتی توانائی جذب کرتا ھے اتنی ھی توانائی وہ باھر کو خارج کردیتا ھے اور اس لیے حرارت کے نقطہ نظر سے اس کی حالت برقرار حالت (Steady state)

ہوتی ہے - اس ٹمپریچر کے مقابل میں ٹھنڈک کے کج خط (Cooling curve) پر ٹمپریچر کے فی سیکنڈ گراؤ کی قیمت θ_1 معلوم کر لی جاتی ہے - اس کے بعد بلب پر سے کاجل کو آتار کر دی ہوئی شے مل دی جاتی ہے اور یہ سارا تجربہ دھرایا جاتا ہے - جب اس دوسرے تجربے میں برقرار حالت (Steady state) قائم ہو جاتی ہے تو اس ٹمپریچر کے مقابل میں ٹھنڈک کے کج خط (Cooling curve) پر ٹمپریچر کے فی سیکنڈ گراؤ کی قیمت θ_2 معلوم کر لی جاتی ہے -

اب اگر بلب کی حرارتی گنجائش (Thermal capacity) یا دوسرے لفظوں میں اس کا آب مساوی (Water equivalent) w ہو تو پہلی صورت میں جب اس پر کاجل ملا ہوا ہو ، اس کی جذب شدہ حرارتی توانائی $w\,\theta_1$ اور دوسری صورت میں جب اس پر دی ہوئی شے ملی ہوئی ہو اس کی جذب شدہ حرارتی توانائی $w\,\theta_2$ ہے - چونکہ دونوں صورتوں میں بلب پر پڑنے والی حرارتی توانائی کی شرح ایک ہی ہے ، اس لیے اگر کاجل کی جذبی طاقت a_1 اور دی ہوئی شے کی جذبی طاقت a_2 ہو تو

$$\frac{a_2}{a_1}=\frac{w\theta_2}{w\theta_1}$$

$$\therefore \quad \frac{a_2}{a_1}=\frac{\theta_2}{\theta_1}$$

نوٹ - اگر کاجل کی جذبی طاقت a_1 کو ایک لیا جائے تو

$$a_2=\frac{\theta_2}{\theta_1}$$

اس طرح دی ہوئی شے کی جذبی طاقت a_2 معلوم ہو جاتی ہے -

اچھے جاذب اچھے خارج کنندہ اور ناقص جاذب ناقص خارج کنندہ ہوتے ہیں - اوپر کی تفصیل سے معلوم ہوتا ہے کہ کاجل جیسی سیاہ سطح کی جذبی طاقت بہت بڑھی ہوئی ہوتی ہے اور یہی حال اس کی اخراجی طاقت کا ہے - ادھر چمک دار سطح کی جذبی طاقت بہت کم ہوتی ہے

اور یہی کیفیت اس کی اخراجی طاقت کی ہے ۔ اس سے ظاہر ہے کہ جو جسم اچھے جاذب (Absorber) ہوتے ہیں وہ اچھے خارج کنندہ (Emitter) ہوتے ہیں اور جو جسم ناقص جاذب ہوتے ہیں وہ ناقص خارج کنندہ ہوتے ہیں ۔

حرارتی شعاعوں کا انعکاس ۔ جب کسی جسم کی سطح پر حرارتی شعاعیں پڑتی ہیں تو اُن کا ایک حصہ تو جذب ہو جاتا ہے مگر ایک حصہ اس سطح پر سے باہر کی طرف منعکس ہو جاتا ہے ۔ اسے حرارتی شعاعوں کا انعکاس (Reflection) کہتے ہیں ۔

انعکاسی طاقت (Reflecting power) ۔ کسی سطح کی انعکاسی طاقت (Reflecting power) سے وہ نسبت مراد ہوتی ہے جو اس سطح سے منعکس ہونے والی حرارتی توانائی اور اس سطح پر پڑنے والی کل حرارتی توانائی کے درمیان پائی جاتی ہے ۔

انعکاسی طاقت تجربے سے معلوم کرنا ۔ کسی سطح کی انعکاسی طاقت سادہ طور پر ذیل کے تجربے سے معلوم کی جا سکتی ہے ۔

لیزلی کے مکعب کے سیاہ رخ سے آنے والی حرارتی شعاعوں کو دی ہوئی سطح پر پڑنے دو ۔ وہاں سے جو حرارتی شعاعیں منعکس ہوں ، انھیں ایک تھرموپائیل (Thermopile) پر ڈالو اور تھرموپائیل کے سرکٹ میں لگے ہوئے گیلوانومیٹر کا انصراف (Deflection) ناپو ۔ دوسری بار لیزلی کے مکعب کے اسی سیاہ رخ سے آنے والی حرارتی شعاعوں کو براہ راست تھرموپائیل پر پڑنے دو اور اس کے گیلوانومیٹر کا انصراف (Deflection) ناپو ۔ چونکہ گیلوانومیٹر میں پہلی بار کا انصراف منعکس حرارتی توانائی کا اور دوسری بار کا انصراف کل حرارتی توانائی کا ہے ، اس لیے ان دونوں انصرافوں کی نسبت دی ہوئی سطح کی انعکاسی طاقت کو ظاہر کرے گی ۔

نوٹ ۔ دونوں مشاہدوں کے دوران لیزلی کے مکعب اور تھرموپائیل کے درمیان کا فاصلہ یکساں رہنا چاہئے ۔

حرارتی شعاعوں کا گزر ۔ روشنی کی شعاعوں کی طرح حرارتی شعاعیں بھی بعض اشیا میں سے گزر جاتی ہیں ۔ اسے حرارتی شعاعوں کا گزر (Transmission) کہتے ہیں ۔

روشنی کی شعاعیں جس شے میں سے آسانی کے ساتھ گزر جاتی ہیں اسے شفاف (Transparent) کہتے ہیں اور جس شے میں سے وہ نہیں گزر سکتیں وہ غیر شفاف (Opaque) کہلاتی ہے ۔ بالکل اسی طرح حرارتی شعاعیں جس شے میں سے آسانی سے گزر جاتی ہیں اسے حرارت گزار (Diathermanous) کہتے ہیں اور جس شے میں سے وہ نہیں گزر سکتیں وہ غیر حرارت گزار (Athermanous) کہلاتی ہے ۔

اس لحاظ سے روشنی میں شفاف (Transparent) اور حرارت میں حرارت‌گزار (Diathermanous) نیز روشنی‌میں غیر شفاف (Opaque) اور حرارت میں غیر حرارت گزار (Athermanous) ہم معنی اصطلاحیں ہیں ۔

نوٹ ۔ 'غیر حرارت گزار' کی اصطلاح کے علاوہ جس کی تعریف اوپر کی گئی ہے ، ایک اور اصطلاح ''حرارت نا گزار'' اس سے پہلے گزر چکی ہے ۔ ظاہر میں یہ دونوں اصطلاحیں ہم معنی دکھائی دیتی ہیں لیکن طبیعیات میں یہ دونوں دو الگ الگ مفہوم رکھتی ہیں ۔ چنانچہ 'غیر حرارت گزار' انگریزی اصطلاح (Athermanous) کا اور 'حرارت نا گزار' انگریزی اصطلاح (Adiabatic) کا ترجمہ ہے ۔ اور ان دونوں کے معنی طبیعیات میں جدا جدا ہیں۔ اس وجہ سے ان اصطلاحات کے استعمال میں ان کے اصطلاحی معنوں کے فرق کو پیش نظر رکھنا ضروری ہے ۔

حرارت گزاری (Diathermancy) ۔ کسی چیز کی حرارت گزاری (Diathermancy) سے وہ نسبت مراد ہوتی ہے جو اس شے میں سے گزرنے والی حرارتی توانائی اور اس شے پر پڑنے والی کل حرارتی توانائی کے درمیان پائی جاتی ہے ۔

کسی شے کی حرارت گزاری تجربے سے معلوم کرنا ۔ لیزلی کے مکعب کے سیاہ رخ سے آنے والی حرارتی شعاعوں کو براہ راست ایک

تھرموپائیل (Thermopile) پر پڑنے دو جو اس سے ایک مناسب فاصلے پر رکھا ہوا ہو اور تھرموپائیل کے سرکٹ میں لگے ہوئے گیلوانو میٹر کا انصراف (Deflection) ناپو - پھر دی ہوئی شے کو مکعب اور تھرموپائیل کے درمیان میں لاؤ تاکہ مکعب سے آنے والی حرارتی شعاعیں اس شے میں سے گزرنے کے بعد تھرموپائیل پر پڑیں اور دوبارہ اس کے انصراف کی پیمائش کرو تو اس دوسرے انصراف (Deflection) اور پہلے انصراف کی باھمی نسبت اس شے کی حرارت گزاری (Diathermancy) کو ظاھر کرے گی -

مختلف اشیا کی حرارت گزاری - مختلف اشیا کی حرارت گزاری (Diathermancy) کی چھان بین سب سے پہلے میلونی (Melloni) نے کی تھی اور اس مقصد کے لیے اس نے اوپر کا سادہ طریقہ استعمال کیا تھا -

اس بارے میں یہ نکتہ قابل ذکر ہے کہ اگرچہ بعض اشیا مثلاً ہوا، آکسیجن ، نائٹروجن اور ہائیڈروجن ایسی ہیں جو روشنی کے نقطۂ نظر سے شفاف (Transparent) اور حرارت کے نقطہ نظر سے ساتھ ہی حرارت گزار (Diathermanous) بھی ہوتی ہیں یعنی ان میں سے روشنی کی شعاعیں اور حرارتی شعاعیں دونوں آسانی سے گزر جاتی ہیں - لیکن یہ ہرگز ضروری نہیں ہے کہ جو شے روشنی کی شعاعوں کے لیے شفاف ہو وہ حرارتی شعاعوں کے لیے بھی لازمی طور پر حرارت گزار ہو یا جو شے روشنی کی شعاعوں کے لیے غیر شفاف ہو وہ حرارتی شعاعوں کے لیے بھی غیر حرارت گزار ہو۔ کیونکہ ایسی کئی اشیا مشاھدے میں آتی ھیں جن میں روشنی کی شعاعیں آسانی سے گزر جاتی ھیں لیکن حرارتی شعاعیں نہیں گزر سکتیں - اسی طرح ایسی اشیا بھی ھیں جن میں روشنی کی شعاعیں نہیں گزر سکتیں مگر حرارتی شعاعیں گزر جاتی ھیں - مثال کے طور پر پانی میں روشنی کی شعاعیں بخوبی گزر جاتی ھیں مگر حرارتی شعاعیں بہت کم یعنی محض ۱۱ فی صد گزر سکتی ھیں - اگر کاربن ڈائی سلفائڈ (Carbon disulphide) میں آیوڈین (Iodine) کو حل کر کے اس کا محلول بنا لیا جائے تو اس محلول میں روشنی کی

شعاعیں بالکل نہیں گزر سکتیں مگر حرارتی شعاعیں بخوبی گزر جاتی ہیں۔ قلمی اشیا میں سے کوارٹز (Quartz) اور معدنی نمک (Rock salt) میں بھی حرارتی شعاعیں آسانی سے گزر جاتی ہیں۔ البتہ برف میں سے حرارتی شعاعیں نہیں گزر سکتیں اگرچہ روشنی کی شعاعوں کے لیے وہ شفاف ہوتی ہے۔

حرارتی گزاری کے بارے میں یہ بھی جاننا چاہیے کہ کسی شے کی حرارت گزاری (Diathermancy) کا انحصار اس ماخذ کے ٹمپریچر پر بھی ہوتا ہے جس سے حرارتی شعاعیں آ رہی ہوں۔ مثلاً اگر حرارتی شعاعیں کسی ایسے ماخذ سے آ رہی ہوں جس کا ٹمپریچر 100°C کے لگ بھگ ہو تو یہ شعاعیں عام شیشے میں بالکل نہیں گزر سکتیں۔ لیکن اگر یہ شعاعیں کسی ایسے ماخذ سے آ رہی ہوں جس کا ٹمپریچر بہت زیادہ ہو تو وہ عام شیشے میں بخوبی گزر جاتی ہیں۔ چنانچہ اسی اصول کی بنا پر سورج سے جو بہت اونچے ٹمپریچر کا ماخذ ہے، جو حرارتی شعاعیں آتی ہیں وہ عام شیشے میں سے بآسانی گزر جاتی ہیں۔

جہاں تک گیسوں کی حرارت گزاری کا تعلق ہے، ہوا، آکسیجن، نائٹروجن اور ہائیڈروجن کامل طور پر حرارت گزار (Diathermanous) ہیں یعنی ان میں حرارتی شعاعیں پورے طور پر گزر جاتی ہیں لیکن امونیا، میتھین (Methane)، کاربن ڈائی اوکسائڈ اور نائٹرس اوکسائڈ (Nitrous oxide) ایسی گیسیں ہیں جو بڑی حد تک غیر حرارت گزار (Athermanous) ہیں یعنی ان میں حرارتی شعاعیں اچھی طرح نہیں گزر سکتیں۔

جذبی طاقت، انعکاسی طاقت اور حرارت گزاری یعنی طاقتِ گزر میں تعلق۔ جب حرارتی شعاعیں یا دوسرے لفظوں میں شعاعی توانائی (Radiant energy) کسی مادی شے پر پڑتی ہے تو اس کا ایک حصہ اس شے میں جذب ہو جاتا ہے، ایک حصہ اس شے کی سطح پر سے منعکس ہو جاتا ہے اور ایک حصہ اس شے میں سے گزر جاتا ہے۔

ریاضی کی رو سے اگر کسی شے کے اکائی رقبے پر فی سیکنڈ پڑنے والی شعاعی توانائی (Radiant energy) I هو اور اس توانائی کا جذب هونے والا حصه A ، منعکس هونے والا حصه R اور گزر جانے والا حصه T هو تو

$$A+R+T = I$$

اب اگر اس شے کی جذبی طاقت a هو انعکاسی طاقت r هو اور طاقت گزر (Transmitting power) t هو تو

$$A=a\,I, \qquad R=r\,I, \qquad T=t\,I$$

ان قیمتوں کو اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$a\,I + r\,I + t\,I = I$$

$$\therefore \qquad a + r + t = 1$$

اس سے ثابت هوتا ہے کہ هر شے کی جذبی طاقت ، انعکاسی طاقت اور طاقت گزر کا مجموعه ایک کے برابر هوتا ہے۔

اوپر کی مساوات سے مندرجه ذیل نتائج حاصل هوتے هیں۔

۱ - جب کوئی جسم بہت عمدہ جاذب (Absorber) هو تو a کی قیمت ۱ کے قریب پہنچ جاتی ہے جس کے باعث t اور r دونوں کی قیمتیں صفر سے قریب تر هو جاتی هیں - اس سے یه نتیجه نکلتا ہے که جو جسم بہت عمدہ جاذب هو وہ ناقص عاکس (Bad reflector) اور ناقص حرارت گزار (Bad transmitter) هوتا ہے۔

۲ - جب کوئی جسم بہت عمدہ عاکس هو تو r کی قیمت ایک کے قریب پہنچ جاتی ہے جس کے باعث a اور t دونوں کی قیمتیں صفر سے قریب تو هو جاتی هیں - اس سے یه نتیجه نکلتا ہے که جو جسم بہت عمدہ عاکس هو وہ ناقص جاذب اور ناقص حرارت گزار هوتا ہے -

۳ - جب کوئی جسم بہت عمدہ حرارت گزار هو تو t کی قیمت ایک کے قریب پہنچ جاتی ہے جس کے باعث a اور r دونوں کی

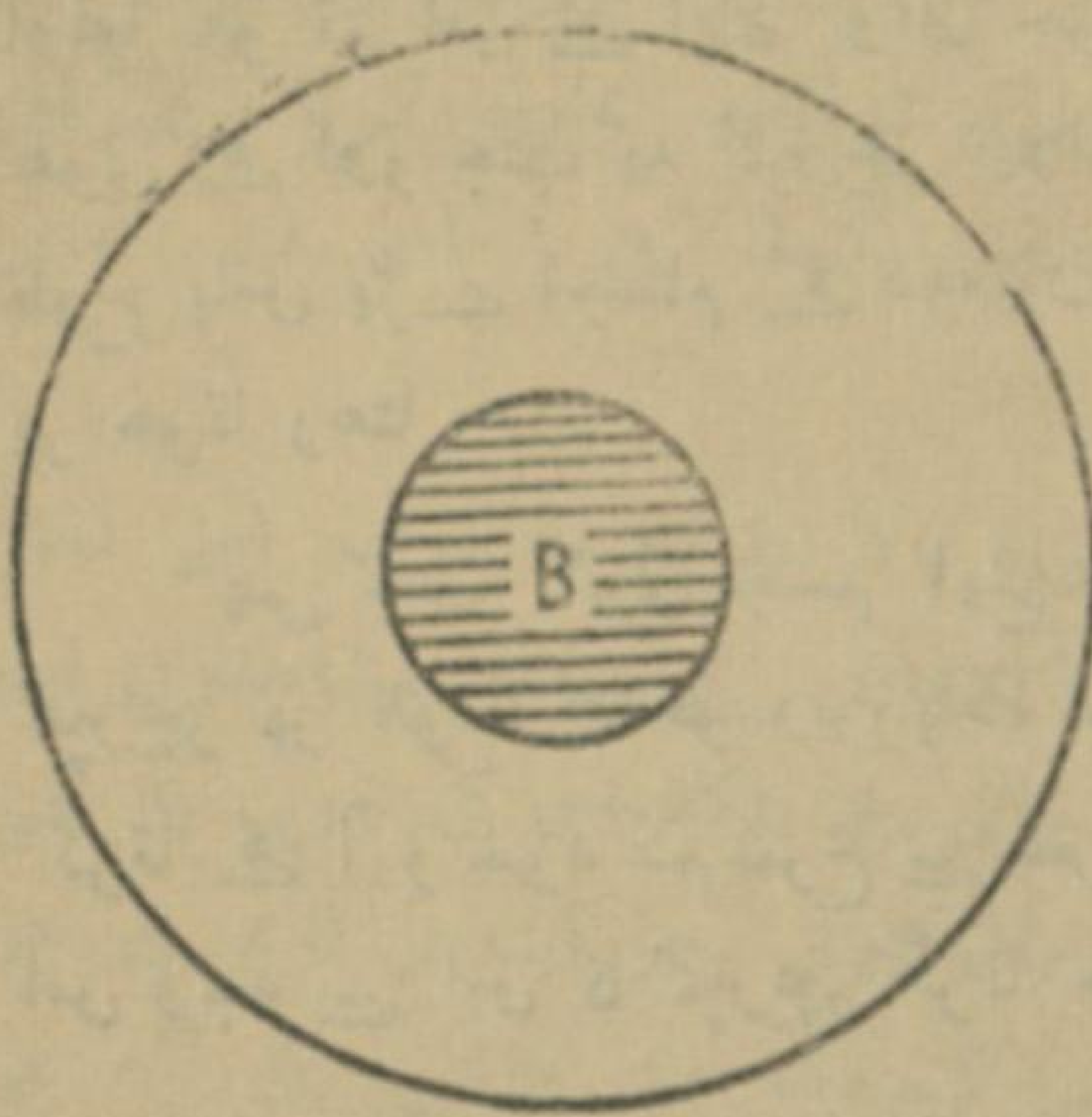
قیمتیں صفر سے قریب تر ہو جاتی ہیں ۔ اس سے یہ نتیجہ نکلتا ہے کہ جو جسم بہت عمدہ حرارت گزار (Diathermanous) ہو وہ ناقص جاذب اور ناقص عاکس ہوتا ہے ۔

پری ووسٹ کا تبادلوں کا نظریہ (Prevost's theory of ex-changes) ۔ یہ ایک عام تجربہ کی بات ہے کہ جب ہم حرارت کے ماخذ مثلاً جلتی آگ کے پاس کھڑے ہوتے ہیں تو ہمیں گرمی محسوس ہوتی ہے ، لیکن جب ہم برف کے کسی بلاک کے پاس کھڑے ہوتے ہیں تو ہمیں ٹھنڈک لگتی ہے ۔ اٹھارویں صدی میں اس کی توجیہ یوں کی جاتی تھی کہ جلتی آگ سے حرارتی شعاعیں نکلتی ہیں جن سے انسانی جسم گرمی محسوس کرتا ہے اور برف سے ٹھنڈک کی شعاعیں خارج ہوتی ہیں جو انسانی جسم میں ٹھنڈک کا احساس پیدا کرتی ہیں ۔ بعد کی تحقیقات نے ثابت کر دیا کہ ٹھنڈک کی شعاعوں کا کوئی وجود نہیں ہے اور شعاعیں خواہ وہ آگ سے نکلتی ہوں یا برف سے خارج ہو رہی ہوں ، حرارتی شعاعیں ہی ہوتی ہیں ۔ پھر سوال پیدا ہوتا ہے کہ برف سے خارج ہونے والی یہ حرارتی شعاعیں ٹھنڈک کا احساس کیوں پیدا کرتی ہیں ۔

چند دیگر واقعات اس مسئلے کو اور زیادہ پیچیدہ بنا دیتے ہیں ۔ مثلاً ایک گرم گولے B کو زیر غور لاؤ جو ایک کھوکھلے کرے A کے مرکز میں موجود ہے ۔ جب کہ کوکھلے کرے کے اندر سے ہوا وغیرہ خارج کر کے مکمل خلا (Vacuum) بنا دیا گیا ہے ۔

جوں جوں وقت گزرتا ہے گولے کا ٹمپریچر گرتا جاتا ہے اور کرے کا ٹمپریچر بڑھتا جاتا ہے ۔ جس سے ظاہر ہوتا ہے کہ گولے سے حرارتی شعاعیں خارج ہوتی ہیں ، جنھیں کرہ جذب کیے جاتا ہے ۔ رفتہ رفتہ گولہ اور کرہ دونوں ایک ہی ٹمپریچر پر آ جاتے ہیں جس کے بعد

A



گولے کے ٹمپریچر کا گرنا رک جاتا ھے - اس سے بظاھر یہ خیال پیدا ھوتا ھے کہ اس وقت گولے سے حرارتی شعاعیں خارج ھونی بند ھو جاتی ھیں -

اب بیرونی کرے کو برف میں رکھ دو تو گولے کا ٹمپریچر گرنا شروع ھو جائے گا - جس کا مطلب یہ ھے کہ اس سے حرارتی شعاعیں دوبارہ نکلنی شروع ھو گئی ھیں - یہ ایک عجیب بات معلوم ھوتی ھے کہ گولے سے حرارتی شعاعوں کا اخراج اس کے اپنے آپ پر تو منحصر نہ ھو بلکہ اس کا انحصار اس کے ارد گرد کے کرے کے ٹمپریچر پر ھو یعنی جب اس کرے کا ٹمپریچر گولے سے کم ھو تو گولے سے حرارتی شعاعوں کا اخراج جاری رھے مگر جونھی اس کرے کا ٹمپریچر گولے کے ٹمپریچر کے برابر ھو جائے گولے سے حرارتی شعاعوں کا نکلنا رک جائے - حالانکہ کرے اور گولے کے درمیان خلا ھونے کے باعث کوئی رابطہ نہیں ھے -

ایسی ساری الجھنوں کا حل سوئٹزر لینڈ کے ایک سائنس دان پری ووسٹ (Prevost) نے 1792ء میں پیش کیا جو تبادلوں کا نظریہ (Theory of exchanges) کہلاتا ھے -

اس نظریے کے مطابق تمام اجسام (جو مطلق صفر سے اُوپر کے ٹمپریچر پر ھوں جیسا کہ وہ فی الحقیقت ھوتے ھیں) ھر ٹمپریچر پر خواہ وہ نیچا ٹمپریچر ھوں ، برابر حرارتی شعاعیں خارج کرتے رھتے ھیں اور ساتھ ساتھ گرد و نواح کے اجسام سے آنے والی حرارتی شعاعوں کو جذب بھی کیے جاتے ھیں -

البتہ وہ جس شرح سے حرارتی شعاعیں خارج کرتے ھیں اس کا انحصار ان کے ٹمپریچر پر ھوتا ھے - چنانچہ اگر کسی جسم کا ٹمپریچر

اونچا ہو تو اس سے آنے والی حرارتی شعاعوں کے اخراج کی شرح زیادہ ہوتی ہے اور جب یہ ٹمپریچر نیچا ہو تو یہ شرح کم ہو جاتی ہے۔ اس طرح پاس پڑے اجسام کے درمیان حرارتی شعاعوں کا تبادلہ مسلسل طور پر ہوتا رہتا ہے۔

پس جب کوئی جسم اپنے ماحول (Surroundings) سے اونچے ٹمپریچر پر ہوتا ہے تو وہ زیادہ شرح سے حرارتی شعاعیں ماحول سے خارج کرتا ہے اور خود کم شرح سے حرارتی شعاعیں ماحول سے حاصل کرتا ہے۔ اس وجہ سے اس کا ٹمپریچر گرتا جاتا ہے۔

جب کوئی جسم ماحول کے ٹمپریچر پر ہی ہوتا ہے تو وہ جتنی شرح سے ماحول کو حرارتی شعاعیں خارج کرتا ہے بالکل اتنی ہی شرح سے حرارتی شعاعیں ماحول سے وصول کرتا ہے جس کے باعث اس کا ٹمپریچر نہ نیچے گرتا ہے اور نہ اوپر چڑھتا ہے بلکہ ایک ہی قیمت پر قائم رہتا ہے۔ اس حالت میں یہ کہنا صحیح نہیں ہے کہ جسم سے حرارتی شعاعوں کا اخراج بند ہو گیا ہے۔ بلکہ حقیقت یہ ہے کہ اس جسم میں اور اس کے ماحول میں حرارتی شعاعوں کے اعتبار سے ایک حرکتی توازن (Dynamical equilibrium) قائم ہو گیا ہے جس کے ماتحت جتنی حرارتی توانائی جسم سے ماحول کو خارج ہوتی ہے، اتنی ہی حرارتی توانائی ماحول سے جسم میں آ جاتی ہے۔

حب کوئی جسم اپنے ماحول سے کم ٹمپریچر پر ہوتا ہے تو وہ ماحول کی طرف تو کم شرح سے حرارتی شعاعیں خارج کرتا ہے مگر ماحول سے وہ حرارتی شعاعیں زیادہ شرح سے حاصل کرتا ہے جس سے اس کا ٹمپریچر بڑھتا جاتا ہے۔

اس تشریح سے ظاہر ہے کہ جب ہم آگ کے سامنے کھڑے ہوتے ہیں تو ہمارا جسم آگ کے مقابلے میں کم ٹمپریچر پر ہونے کے باعث زیادہ شرح سے حرارتی توانائی حاصل کرتا ہے اور کم شرح سے حرارتی توانائی خارج کرتا ہے، اس لیے ہمیں گرمی محسوس ہوتی ہے۔ اس کے برعکس جب ہم برف کے ایک بڑے بلاک کے سامنے کھڑے

ہوتے ہیں تو ہمارا جسم برف کے مقابلے میں آونچے ٹمپریچر پر ہونے کے باعث برف کی طرف زیادہ شرح سے حرارتی توانائی خارج کرتا ہے اور برف سے حرارتی توانائی کم شرح سے حاصل کرتا ہے، اس لیے ہمیں ٹھنڈک محسوس ہوتی ہے۔

پری ووسٹ (Prevost) کا مذکورہ بالا نظریہ نہ صرف اس لحاظ سے قابل قدر ہے کہ اس کے ذریعے اشعاع کے متعلق مشاہدوں اور تجربوں کی توجیہ نہایت عمدگی سے ہو جاتی ہے بلکہ اس کی خوبی یہ بھی ہے کہ اس کی بنا مادی اجسام کی مالیکیولی حرکت پر قائم ہے جو طبیعیات کی ایک تسلیم شدہ حقیقت ہے۔ کیونکہ ہم جانتے ہیں کہ ہر جسم کے مالیکیول متواتر حرکت میں ہوتے ہیں اور اس حرکت کی وجہ سے وہ کچھ توانائی حرارتی شعاعوں کی صورت میں متواتر خارج کرتے ہیں، اس لیے ہر جسم اپنے ماحول کو حرارتی شعاعیں خارج کرتا ہے۔ پھر اگر اس جسم کا ٹمپریچر زیادہ ہو تو اس کے مالیکیولوں کی حرکت بھی زیادہ ہوتی ہے جس کے باعث اس میں سے حرارتی شعاعوں کے اخراج کی شرح بڑھ جاتی ہے، لیکن اگر اس جسم کا ٹمپریچر کم ہو تو اس کے مالیکیولوں کی حرکت بھی نسبتاً مدھم ہوتی ہے جس کے باعث اس میں سے حرارتی شعاعوں کے اخراج کی شرح گھٹ جاتی ہے۔

یکساں ٹمپریچر کے بند احاطے (Enclosure) میں اشعاع (Radiation) ۔ اگر ہم ایک کھوکھلا بند کرہ لیں اور اسے شدید گرم کر کے ایک اونچے یکساں ٹمپریچر پر رکھیں تو اس کی اندرونی دیوار کے مختلف حصوں سے ایک دوسرے حصے کی جانب حرارتی شعاعوں کا اخراج شروع ہو جاتا ہے، اسے **یکساں ٹمپریچر کے بند احاطے کا اشعاع** (Radiation in a uniform temperature enclosure) کہتے ہیں۔ ایسے احاطے کے اندر حرارتی شعاعوں کے موجود ہونے کے باعث اشعاعی توانائی پائی جاتی ہے۔ چنانچہ اس کے اندر کے ایک اکائی حجم میں جتنی توانائی موجود ہوتی ہے اس کو توانائی کی کثافت (Energy density) کا نام دیا جاتا ہے۔ اصطلاحاً یعنی کیلکولس

(Calculus) کی زبان میں اگر بند احاطے کے اندر کسی نقطہ کے گرد ایک چھوٹے سے حجم dv میں اشعاع کی توانائی (Energy of radia-tion) E ہو تو وہاں کی توانائی کی کثافت (Energy density) $\frac{E}{dv}$ ہوتی ہے۔

بند احاطے (Enclosure) کے اندر اشعاع (Radiation) کے متعلق سب سے زیادہ اہم بات یہ ہے کہ اس کی توانائی کی کثافت (Energy density) کا انحصار محض اس احاطے کے ٹمپریچر پر ہوتا ہے۔ چنانچہ اگر ہمارے پاس اس قسم کے مختلف بند احاطے (Enclosure) مختلف اشیا کے بنے ہوئے ہوں، ان کی شکلیں الگ الگ ہوں اور ان کے اندر کی سطحیں مختلف رنگوں کی ہوں لیکن جب تک وہ سب کے سب ایک ہی اونچے ٹمپریچر پر برقرار ہوں ان کے اندر توانائی کی کثافت (Energy density) بالکل ایک ہی ہوتی ہے۔

یہ بات ابتدا میں حیران کن نظر آتی ہے۔ کیونکہ اگر دو بند احاطے (Enclosure) ایسے لیے جائیں جن میں سے پہلے احاطے کی دیوار اندر سے سیاہ ہو اور دوسرے احاطے کی دیوار اندر سے چمکیلی ہو، تو سیاہ سطح سے حرارتی شعاعیں زیادہ خارج ہوں گی اور چمکیلی سطح سے کم خارج ہوں گی۔ اس سے بظاہر یہی نتیجہ نکلے گا کہ پہلے احاطے کے اندر توانائی کی کثافت (Energy density) زیادہ اور دوسرے احاطے میں کم ہو گی، لیکن اصلیت اس سے جدا ہے۔ سیاہ سطح کے احاطے کے اندر بلاشبہ حرارتی شعاعیں زیادہ شرح سے خارج ہوتی ہیں مگر دوسری طرف جا کر وہ زیادہ شرح سے جذب بھی ہوتی جاتی ہیں۔ اس کے برعکس چمکیلی سطح سے یہ حرارتی شعاعیں اگرچہ کم شرح سے نکلتی ہیں مگر دوسری طرف جا کر وہ کم شرح ہی سے جذب ہوتی ہیں اور زیادہ تر وہاں سے منعکس ہو کر پلٹ آتی ہیں۔ چمک دار سطح کے احاطے سے اندر حرارتی شعاعوں کا یہ انعکاس متعدد بار ہوتا ہے جس کے باعث اس احاطے میں حرارتی شعاعوں کا اجتماع اتنا ہی ہو جاتا ہے جتنا سیاہ سطح کے احاطے کے اندر ہوتا ہے۔ اس وجہ سے

یکساں ٹمپریچر کے تمام احاطوں (Enclosures) کے اندر، خواہ اُن کی نوعیت مختلف ہو ، توانائی کی کثافت (Energy density) ایک ہی ہوتی ہے -

اگر ایسے احاطے کے اندر مختلف نوعیت کے جسم موجود ہوں تو وہ جسم احاطے کا ٹمپریچر اختیار کر لیتے ہیں - اس کے بعد وہ حرارتی شعاعوں کو جذب بھی کرتے ہیں اور ساتھ ساتھ خارج بھی کئے جاتے ہیں - اگر اُن میں سے کوئی جسم سیاہ ہو تو وہ حرارتی شعاعوں کو زیادہ جذب کرتا ہے مگر خارج بھی زیادہ کرتا ہے - اس کے بر عکس اگر وہ جسم چمکیلا ہو تو وہ حرارتی شعاعوں کو کم جذب کرتا ہے مگر خارج بھی کم کرتا ہے- اس کا نتیجہ یہ ہے کہ احاطے کے اندر ان مختلف قسم کے جسموں کی موجودگی کے باوجود وھاں توانائی کی کثافت (Energy density) میں کچھ فرق نہیں آتا - توانائی کی یہ کثافت وھی رھتی ہے خواہ اس کے اندر مختلف قسموں کے اجسام موجود ہوں یا نہ موجود ہوں - علاوہ ازیں ان مختلف اجسام کی اپنی رنگت خواہ کچھ ھی ہو لیکن جب وہ اونچے ٹمپریچر کے احاطے (Enclosure) کے اندر موجود ہوتے ہیں اور خود بھی اونچا ٹمپریچر اختیار کر لیتے ہیں تو ان سب کی رنگت ایک ھی ہو جاتی ہے جو احاطے کے ٹمپریچر کے مطابق گرم سرخ یا گرم سفید ہو سکتی ہے - البتہ جب ان اجسام کو اس احاطے سے باھر نکال کر اندھیرے میں لایا جائے تو وہ اپنی اپنی رنگت دینے لگتے ہیں- لیکن اگر ان میں سے کوئی جسم کامل سیاہ ہو تو وہ اگر احاطے کے اندر گرم سرخ ہوتا ہے تو احاطے سے باھر اندھیرے میں بھی اس اونچے ٹمپریچر پر گرم سرخ رھتا ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ مختلف رنگوں کے جسم اگرچہ احاطے کے باھر تو اپنی اپنی رنگت قائم رکھتے ہیں لیکن احاطے کے اندر وہ سب سیاہ جسم کے مشابہ ہو جاتے ہیں - دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ اونچے ٹمپریچر کے ایک احاطے کے اندر جو حرارتی شعاعیں موجود ہوتی ہیں اور جو کسی سوراخ میں سے، جو اس احاطے میں ایک طرف بنا دیا جائے، باھر نکلتی ہیں وہ بالکل اسی نوع کی ہوتی ہیں جو ایک کامل سیاہ جسم کو

اس اونچے ٹمپریچر پر گرم کرنے کے بعد اس میں سے خارج ہوتی ہیں ۔ اس وجہ سے اونچے ٹمپریچر کے ایک احاطے (Enclosure) کی حرارتی شعاعوں کو **سیاہ جسم کی اشعاع** (Black body radiation) کہا جاتا ہے اور ایسے احاطے کو ایک گرم سیاہ جسم کا قائم مقام خیال کیا جاتا ہے ۔ کبھی کبھی اس احاطے کی حرارتی شعاعوں کو **مکمل اشعاع** (Total radiation) یا **کامل اشعاع** (Full radiation) کا نام بھی دیا جاتا ہے ۔

یہ حقیقت کہ جہاں تک حرارتی شعاعوں کے اخراج کا تعلق ہے، اونچے ٹمپریچر پر ایک بند احاطہ (Enclosure) کامل سیاہ جسم کا عمل کرتا ہے، سب سے پہلے ایک سائنس دان کر شوف (Kirchhoff) نے 1859ء میں معلوم کی تھی اور اس کی بنا پر بعد میں فیری (Fery) وئین (Wein) اور لیومر (Lummer) نے اپنے اپنے کامل سیاہ جسم بنائے تھے جو مختلف قسم کے بند احاطوں (Enclosures) کی صورت میں تھے ۔ ان میں سے فیری کے سیاہ جسم (Fery's black body) کی ساخت کی تفصیلات پہلے دی جا چکی ہیں ۔

جذبی طاقت اور اخراجی طاقت کی صحیح تعریفیں ۔ جذبی طاقت (Absorptive power) اور اخراجی طاقت (Emissive power) کی سادہ تعریفیں پہلے دی جا چکی ہیں ۔ ان میں حرارتی شعاعوں کے طول موج (Wave length) کا کچھ ذکر نہیں کیا گیا تھا ، لیکن ان طاقتوں کی مکمل اور صحیح تعریف کرنے میں حرارتی شعاعوں کے طول موج کا ذکر ضروری ہے کیونکہ مختلف طول موج کی حرارتی شعاعوں کے لیے ان طاقتوں کی قیمتیں قدرے مختلف ہوتی ہیں ، اس وجہ سے کسی جسم کی جذبی طاقت اور اخراجی طاقت کی صحیح تعریفیں حسب ذیل ہیں ۔

جذبی طاقت کی صحیح تعریف ۔ طول موج (Wave length) λ ور $\lambda+d\lambda$ کے درمیان کی شعاعوں کے لیے کسی جسم کی جذبی طاقت (Absorptive power) سے وہ نسبت مراد ہوتی ہے جو λ اور $\lambda+d\lambda$ کے حدود کی درمیانی شعاعوں کے لیے اس جسم میں جذب

ہونے والی کل شعاعوں کے درمیان پائی جاتی ہے جب کہ $d\lambda$ ایک بہت چھوٹی طول موج ہو ۔ اس کو عام طور پر طول موج (Wave length) λ کے لیے اس جسم کی جذبی طاقت (Absorptive power) کہا جاتا ہے اور اسے حرف a_λ سے تعبیر کیا جاتا ہے ۔

اخراجی طاقت کی تعریف ۔ طول موج (Wave length) λ اور $\lambda+d\lambda$ کے درمیان کی شعاعوں کے لیے کسی جسم کی اخراجی طاقت (Emissive power) سے وہ نسبت مراد ہوتی ہے جو طول موج کے انہیں حدود کے اندر جسم کی سطح کے اکائی رقبے سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی توانائی اور $d\lambda$ کے درمیان پائی جاتی ہے ۔ اسے طول موج λ کے لیے اس جسم کی اخراجی طاقت (Absorptive power) کہا جاتا ہے اور اسے حرف e_λ سے تعبیر کیا جاتا ہے ۔

اس تعریف کے مطابق اگر λ اور $\lambda+d\lambda$ کی حدود کے اندر جسم کی سطح کے اکائی رقبے سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی توانائی E ہو تو

$$e_\lambda=\frac{E}{d\lambda}$$

اشعاعی توانائی کے اخراج کی شرح اور اخراجی طاقت میں تعلق ۔

اگر کسی جسم کی سطح کے اکائی رقبے سے λ اور $\lambda+d\lambda$ کے حدود کے اندر اشعاعی توانائی (Radiant energy) کے اخراج کی شرح (یعنی دوسرے لفظوں میں فی سیکنڈ خارج شدہ اشعاعی توانائی) E ہو اور انہیں حدود کے اندر اس کی اخراجی طاقت (Emissive power) e_λ ہو تو جیسا کہ اخراجی طاقت کی مندرجہ بالا تعریف سے ظاہر ہے

$$e_\lambda=\frac{E}{d\lambda}$$

$$\therefore \qquad e_\lambda d\lambda=E$$

اس سے ظاہر ہے کہ λ اور $\lambda+d\lambda$ کی حدود کے اندر کسی سطح کی

اخراجی طاقت (e_λ) اور طول موج کی تبدیلی ($d\lambda$) کا حاصل ضرب اس سطح کے اکائی رقبے سے اشعاعی توانائی کے اخراج کی شرح (E) کے برابر ہوتا ہے۔

کرشوف کی تحقیقات - یہ بیان کیا جا چکا ہے کہ جس سطح کی جذبی طاقت زیادہ ہو ، اس کی اخراجی طاقت بھی زیادہ ہوتی ہے اور جس سطح کی جذبی طاقت کم ہو اس کی اخراجی طاقت بھی کم ہوتی ہے۔ اس بارے میں کرشوف (Kirchhoff) نے 1859ء میں ذیل کا قانون پیش کیا جو کرشوف کا قانون (Kirchhoff's law) کہلاتا ہے۔

کرشوف کا قانون (Kirchhoff's law) - ایک خاص طول موج (Wave length) کی شعاعوں کے لیے اخراجی طاقت (Emissive power) اور جذبی طاقت (Absorptive power) کی نسبت ایک خاص ٹمپریچر پر تمام اشیا کے لیے یکساں ہوتی ہے اور قیمت میں وہ اسی ٹمپریچر پر ایک کامل سیاہ جسم (Perfect black body) کی اخراجی طاقت کے برابر ہوتی ہے۔

کرشوف کے قانون کا ثبوت - کرشوف کے قانون (Kirchhoff's law) کو ثابت کرنے کے لیے ایک جسم کو زیر غور لاؤ جو یکساں گرم کیے ہوئے بند احاطے (Enclosure) کے اندر ، جس کا ٹمپریچر T ہو ، رکھا ہوا ہو - اس احاطے کے اندر اشعاع (Radiation) کا انحصار صرف ٹمپریچر T پر ہو گا اور احاطے کی دیواروں کی نوعیت یا اس کے اندر کسی جسم کی موجودگی کا اس پر کچھ اثر نہ ہو گا۔ فرض کرو کہ طول موج λ اور $\lambda + d\lambda$ کی حدود کے اندر جو اشعاعی توانائی (Radiant energy) جسم کے اکائی رقبے پر فی سیکنڈ پڑ رہی ہے ، وہ dQ ہے۔ اگر طول موج λ کی شعاعوں کے لیے اس جسم کی جذبی طاقت a_λ ہو تو جسم کے اکائی رقبے میں فی سیکنڈ جذب ہونے والی اشعاعی توانائی $a_\lambda\, dQ$ ہوگی - اس لیے باقی توانائی جو $(dQ - a_\lambda dQ)$ یا $(1-a_\lambda)dQ$ کے برابر ہے ، جزواً یا تو جسم کی سطح پر سے منعکس ہو جاتی ہے یا اس میں سے گزر جاتی ہے - پس جسم سے نکلنے والی کل

توانائی اخراجی توانائی ($e_\lambda d\lambda$) اور منعکس ہونے یا گزر جانے والی توانائی $(1-a_\lambda)dQ$ کے مجموعے کے برابر ہے اور اس وجہ سے نکلنے والی کل توانائی

$$=e_\lambda dQ+(1-a_\lambda)dQ$$

چونکہ ٹمپریچر کے اعتبار سے جسم احاطے (Enclosure) کے ساتھ توازن (Equilibrium) کی حالت میں ہے ، یعنی اس کا ٹمپریچر وہی رہتا ہے جو احاطے کا ہے ، اس سے ظاہر ہے کہ جسم جتنی توانائی حاصل کرتا ہے اتنی ہی اس میں سے نکل جاتی ہے ۔ اب چونکہ جسم کی حاصل ہونے والی توانائی dQ ہے اور جسم سے نکلنے والی کل توانائی $e_\lambda dQ+(1-a_\lambda)dQ$ ہے اس لیے

$$dQ=(1-a_\lambda)dQ+e_\lambda d\lambda$$

یا

$$dQ=dQ-a_\lambda dQ+e_\lambda d\lambda$$

یا

$$a_\lambda dQ=e_\lambda d\lambda \qquad \ldots\ldots(i)$$

اگر λ طول موج کی شعاعوں کے لیے اس ٹمپریچر پر ایک کامل سیاہ جسم (Perfect black body) کی اخراجی طاقت E_λ ہو تو چونکہ اس جسم کے لیے جذبی طاقت a_λ کی قیمت ایک ہوتی ہے ، اس لیے

$$dQ=(1-a_\lambda)dQ+e_\lambda d\lambda$$

میں a_λ کو 1 کے برابر اور e_λ کو E_λ کے برابر رکھنے سے

$$dQ=(1-1)dQ+E_\lambda d\lambda$$

$$\therefore \quad dQ=E_\lambda d\lambda \qquad \ldots\ldots(ii)$$

مساوات (ii) کو (i) مساوات میں شامل کرنے سے

$$a_\lambda E_\lambda d\lambda=e_\lambda d\lambda$$

$$\therefore \quad \frac{e_\lambda}{a_\lambda}=E_\lambda$$

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ ایک خاص طول موج (λ) کی شعاعوں کے

لیے اخراجی طاقت (e_λ)- اور جذبی طاقت (a_λ) کی نسبت ایک خاص ٹمپریچر پر ایک کامل سیاہ جسم کی اخراجی طاقت (E_λ) کے برابر ہوتی ہے اور اس لیے یہ نسبت تمام اشیا کے لیے یکساں ہوتی ہے - یہی **کرشوف کا قانون** (Kirchnoff's law) ہے جو اس طرح سے ثابت ہو جاتا ہے -

اچھے خارج کنندہ (Good emitters) **، اچھے جاذب** (Good absorbers) **اور ناقص خارج کنندہ ، ناقص جاذب ہوتے ہیں-** آوپر ثابت کیا جا چکا ہے کہ

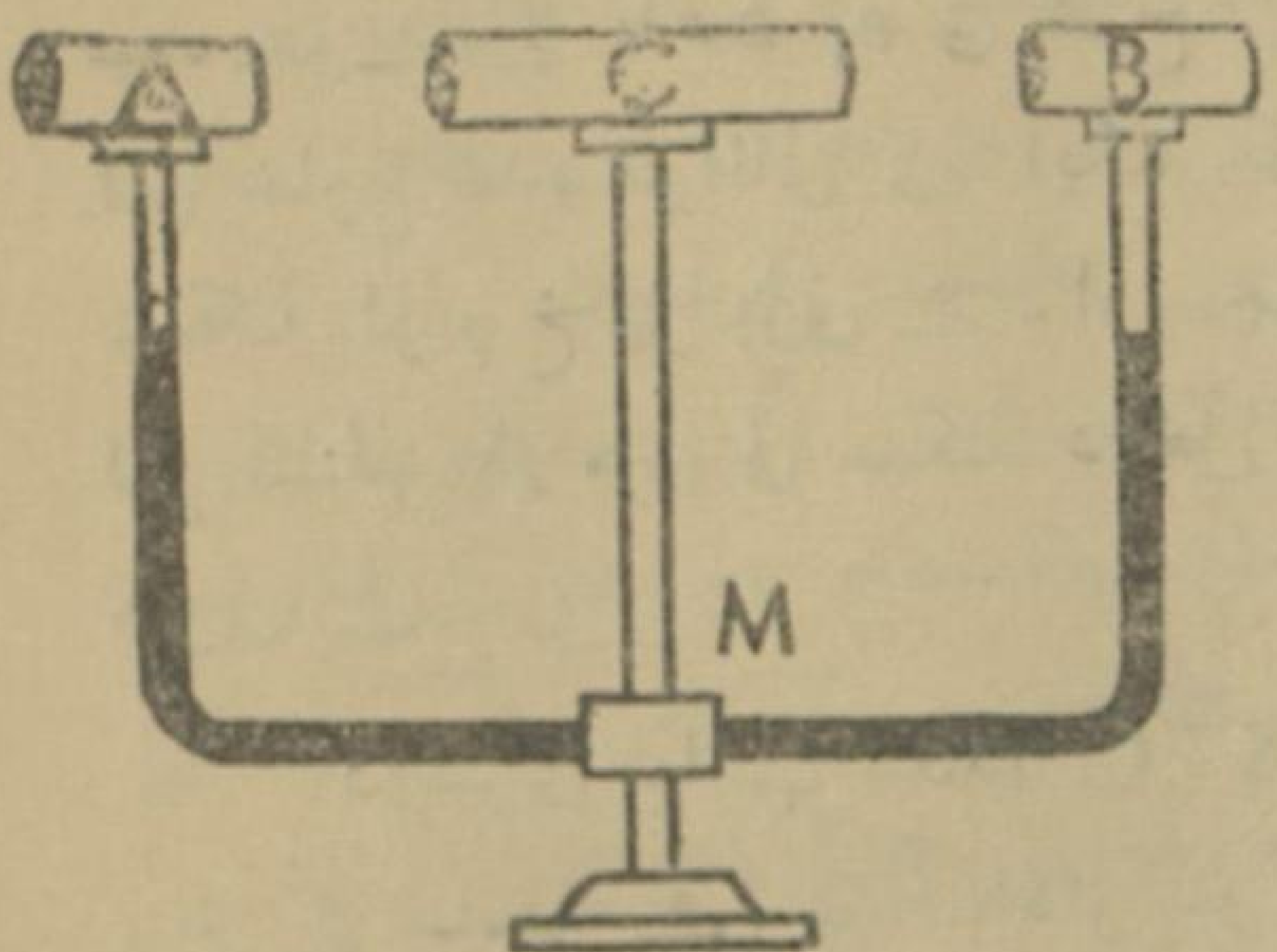
$$\frac{e_\lambda}{a_\lambda} = E_\lambda$$

$$\therefore \qquad e_\lambda = E_\lambda a_\lambda$$

چونکہ ایک خاص طول موج (λ) کے لیے E_λ کی قیمت مستقل ہوتی ہے اس لیے اخراجی طاقت e_λ جذبی طاقت a_λ کے براہ راست متناسب ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ اگر کسی جسم کی اخراجی طاقت زیادہ ہو تو اس کی جذبی طاقت بھی اسی نسبت سے زیادہ ہوتی ہے - اس وجہ سے جو جسم اچھے خارج کنندہ (Good emitters) ہوں وہ اتنے ہی اچھے جاذب (Good absorber) بھی ہوتے ہیں - اس کے برعکس اگر کسی جسم کی اخراجی طاقت کم ہو تو اس کی جذبی طاقت بھی اسی نسبت سے کم ہوتی ہے - اس وجہ سے جو جسم ناقص خارج کنندہ (Bad emitters) ہوں وہ اتنے ہی ناقص جاذب (Bad absorber) ہوتے ہیں -

کرشوف کے قانون کی تجرباتی تصدیق - کرشوف کے قانون (Kirchhoff's law) کی تجرباتی تصدیق بالواسطہ طور پر ذیل کے تجربے سے ہو سکتی ہے جسے پہلے پہل ایک سائنس دان رشی نے کیا تھا اور اس وجہ سے یہ **رشی کا تجربہ** (Ritchie's experiment) کہلاتا ہے -

رشی کا تجربہ (Ritchie's experiment) - دھات کے دو ایک جیسے کھوکھلے سلنڈر A اور B ایک مینومیٹر M کے ذریعے آپس میں ملے ہوئے ہیں - دھات کا ایک اور سلنڈر C ان کے درمیان میں ایک علیحدہ سہارے پر رکھا ہوا ہے۔ اس درمیانی سلنڈر کی چوڑائی تو دوسرے دونوں سلنڈروں جتنی ہے ، لیکن لمبائی میں یہ ان سے کچھ بڑا ہے - علاوہ ازیں اسے اس کے سہارے کے گرد حسب ضرورت گھمایا جا سکتا ہے - درمیانی سلنڈر C کا جو رخ سلنڈر A کی طرف ہے ، اس پر کاجل مل کر اسے سیاہ بنایا ہوا ہے ، مگر اس کا جو رخ سلنڈر B کی طرف ہے ، وہ خوب چمک دار ہے - سلنڈر A اور سلنڈر B میں سے سلنڈر A کا بیرونی رخ سیاہ کیا ہوا ہے اور اس کا اندرونی رخ ، جو درمیانی سلنڈر C کے سیاہ رخ کے مقابل ہے، چمک دار ہے - لیکن سلنڈر B کا بیرونی رخ چمک دار ہے اور اس کا اندرونی رخ ، جو درمیانی سلنڈر C کے چمک دار رخ کے مقابل ہے، سیاہ کیا ہوا ہے - تجربہ کرنے کے لیے درمیانی سلنڈر C میں کھولتا ہوا پانی ڈال دیا جاتا ہے جس سے اس کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ہے اور اس کے دونوں رخ سلنڈر A اور B کی طرف حرارتی شعاعیں خارج کرنے لگتے ہیں جو جزوی طور پر ان سلنڈروں میں جذب ہوتی جاتی ہیں اور ان کے ٹمپریچروں کو بڑھا دیتی ہیں - جب مینومیٹر (Manometer) کا مشاہدہ کیا جاتا ہے تو اس کے دونوں بازوؤں میں اس کے مائع کی سطح بالکل یکساں بلندی پر رہتی ہے جس سے ظاہر ہوتا ہے کہ سلنڈر A اور سلنڈر B کا ٹمپریچر ایک ہی ہے اور اس وجہ سے یہ دونوں سلنڈر اشعاعی حرارت (Radiant heat) کو ایک ہی شرح سے جذب کر رہے ہیں -



اب فرض کیجیے کہ تینوں سلنڈروں میں سیاہ رخ کی اخراجی طاقت e_1 (Emitting power) اور جذبی طاقت a_1 (Absorptive power)

ہے - اور چمک دار رخ کی اخراجی طاقت e_2 اور جذبی طاقت a_2 ہے - درمیانی سلنڈر کا سیاہ رخ (جو سلنڈر A کے چمک دار رخ کے سامنے ہے) سیاہ ہونے کے باعث e_1 کی شرح سے حرارتی توانائی خارج کرتا ہے - اس خارج شدہ توانائی کی ایک خاص کسر (مثلاً k کسر) سلنڈر A کے چمک دار رخ پر پڑتی ہے - اور چونکہ اس رخ کی جذبی طاقت a_2 ہے، اس لیے سلنڈر A میں فی سیکنڈ داخل ہونے والی حرارتی توانائی $a_2 \times ke_1$ ہوتی ہے -

دوسری جانب سلنڈر C کا چمک دار رخ (جو سلنڈر B کے سیاہ رخ کے سامنے ہے) چمک دار ہونے کے باعث e_2 شرح سے حرارتی توانائی خارج کرتا ہے - چونکہ سلنڈر B کے رخ کا رقبہ سلنڈر A کے رخ کے رقبے کے برابر ہے اور درمیانی سلنڈر سے سلنڈر B کا فاصلہ بھی اتنا ہی ہے جتنا سلنڈر A کا ہے، اس وجہ سے اگر سلنڈر C سے خارج شدہ حرارتی توانائی کی k کسر سلنڈر A کےچمک دار رخ پر پڑتی‌ہے تو یہی k کسر سلنڈر B کے سیاہ رخ پر بھی پڑتی ہے اور اس وجہ سے سلنڈر B کے سیاہ رخ پر پڑنے والی حرراتی توانائی ke_2 ہے - چونکہ اس سیاہ رخ کی جذبی طاقت (اس کے سیاہ ہونے کے باعث) a_1 ہے، اس لیے سلنڈر A میں فی سیکنڈ داخل ہونے والی حرارتی توانائی $a_1 \times ke_2$ ہے -

چونکہ حرارتی توانائی جذب کیے جانے کے بعد سلنڈر A اور سلنڈر B کا ٹمپریچر ایک ہی رہتا ہے اور دونوں سلنڈروں کے ایک جیسے ہونے کے باعث آن کی حرارت گنجائش (Thermal capacity) بھی برابر ہے اس لیے دونوں سلنڈر A اور B ایک ہی شرح سے حرارتی توانائی جذب کرتے ہیں - پس

$$a_1 \times ke_2 = a_2 \times ke_1$$

$$\therefore \quad \frac{e_1}{a_1} = \frac{e_2}{a_2} = \text{ایک مستقل}$$

اوپر کی مساوات میں $\frac{e_1}{a_1}$ سیاہ سطح کےلیے اخراجی طاقت اور جذبی

طاقت کی نسبت ہے اور $\frac{e_2}{a_2}$ چمکدار سطح کے لیے اخراجی طاقت اور جذبی طاقت کی نسبت ہے اور یہ دونوں ایک ہی مستقل کے برابر ہیں ۔ اس سے ثابت ہو جاتا ہے کہ مختلف اشیا کے لیے اخراجی طاقت اور جذبی طاقت کی نسبت یکساں ہوتی ہے ۔ اور یہی حقیقت کرشوف کے قانون (Kirchhoff's law) سے ظاہر ہے ۔ علاوہ ازیں اگر مذکورہ تجربے میں تینوں سلنڈروں کی سیاہ سطح کامل سیاہ سطح ہو جس کی اخراجی طاقت E ہو اور جس کی جذبی طاقت 1 ہے تو چونکہ اس سطح کے لیے بھی اخراجی طاقت اور جذبی طاقت کی نسبت یہی ہوگی اس لیے

$$\frac{e_1}{a_1} = \frac{e_2}{a_2} = E$$

اس سے ثابت ہوتا ہے کہ مختلف اشیا کے لیے جو ایک ہی ٹمپریچر پر ہوں ، اخراجی طاقت اور جذبی طاقت کی نسبت یکساں ہوتی ہے اور قیمت میں وہ ایک کامل سیاہ جسم کی اخراجی طاقت کے برابر ہوتی ہے ۔ یہ کرشوف کا قانون ہے ۔ اس طرح اس سادہ تجربے سے **کرشوف کے قانون** (Kirchhoff's law) **کی تصدیق** ہو جاتی ہے ۔

کرشوف کے قانون کے عملی اطلاقات کی چند مثالیں ۔ ذیل میں ہم روزمرہ زندگی میں سے چند ایسی مثالیں پیش کرتے ہیں جن میں کرشوف کے قانون (Kirchhoff's law) کا عملی اطلاق ہوتا ہے ۔

چینی کے برتن پر سیاہ نقش و نگار ۔ چینی کے برتن کا ٹوٹا ہوا ایسا ٹکڑا لو جس پر سیاہ نقش و نگار بنے ہوئے ہوں ۔ عام حالات میں چینی کا ٹکڑا سفید نظر آتا ہے اور اس پر بنے ہوئے یہ نقش و نگار سیاہ نظر آتے ہیں ۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ جب روشنی کی شعاعیں اس ٹکڑے پر پڑتی ہیں تو نقش و نگار کے حصے ان شعاعوں کو قریباً مکمل طور پر جذب کر لیتے ہیں اور اس وجہ سے ان حصوں کی رنگت سیاہ نظر آتی ہے ، لیکن چینی کے باقی ٹکڑے کی سطح سے روشنی کی شعاعوں کا ایک بڑا حصہ منعکس ہو جاتا ہے ، اس لیے یہ سطح سفید دکھائی دیتی ہے ۔


A


B

اب چینی کے اس ٹکڑے کو بھٹی میں رکھ کر اونچے ٹمپریچر (مثلاً 1000°C تک) گرم کرو اور اس کا ایک اندھیرے کمرے میں معائنہ کرو تو اس کے سیاہ نقش و نگار اب چمک دار نظر آئیں گے اور چینی کے سفید حصے ان چمک دار نقش و نگار سے مقابلے میں سیاہ دکھائی دیں گے ۔ اس کی وجہ یہ ہے یہ نقش و نگار جو عام ٹمپریچر پر عمدہ جاذب (Good absorbers) ہونے کے باعث سیاہ نظر آتے ہیں ، اونچے ٹمپریچر پر اچھے خارج کنندہ (Good emitters) بن جاتے ہیں اور شعاعیں خارج کرنے کے باعث چمک دار دکھائی دیتے ہیں ۔

شیشے کے رنگ کا بدل جانا ۔ نیلا شیشہ عام حالات میں اس لیے نیلا دکھائی دیتا ہے کیونکہ یہ دیگر رنگوں کی شعاعیں خاص طور پر سرخ شعاعیں جذب کر لیتا ہے اور صرف نیلی شعاعیں خارج کرتا ہے ۔ لیکن جب اس شیشے کو بہت زیادہ گرم کیا جاتا ہے تو یہ سرخ شعاعوں کو خارج کرنے لگ جاتا ہے اور اس کا رنگ چمکیلا سرخ نظر آتا ہے ۔

تھرموس بوتل کی بیرونی چمک دار سطح ۔ تھرموس بوتل (Thermos bottle) کی بیرونی سطح خوب چمکدار بنائی جاتی ہے ۔ اس کا دھرا فائدہ ہے ۔ چنانچہ جب بوتل میں کوئی ٹھنڈی شے مثلاً برف وغیرہ پڑی ہو تو یہ سطح حرارت کی ناقص جاذب ہونے کے باعث حرارت بہت کم جذب کرتی ہے اور اس طرح برف کو پگھلنے سے بچاتی ہے ۔ جب بوتل میں کوئی گرم شے مثلاً چائے پڑی ہو تو یہ سطح حرارت کی ناقص خارج کنندہ (Bad emitter) ہونے کے باعث حرارت کو کم خارج کرتی ہے اور اس طرح چائے کو ٹھنڈی ہونے سے روکتی ہے ۔

فران هافر لکیروں کی توجیہ۔ جب شمسی طیف (Solar spectrum) کا گہری نظر سے مطالعہ کیا جائے تو اس کے سات رنگوں کے آر پار بہت سی باریک سیاہ لکیریں نظر آتی ہیں ۔ ان لکیروں کا تفصیلی مشاہدہ سب سے پہلے ایک سائنس دان فران ہافر (Fraunhofer) نے 1801ء میں کیا تھا ، اس لیے یہ لکیریں **فران ہافر لکیریں** (Fraunhofer lines) کہلاتی ہیں۔ فران ہافر نے ان لکیروں کی قسم بندی A، B، C، D وغیرہ حروف سے کی، لیکن وہ ان لکیروں کی وجہ نہ معلوم کر سکا ۔ ان لکیروں کی صحیح توجیہ 1859ء میں کرشوف (Kirchhoff) نے کی ۔

جب سوڈیم روشنی (Sodium light) کو ایک طیف پیما یعنی سپیکٹرو میٹر (Spectro-meter) میں سے دیکھا جاتاہے تو اس کا ایک طیف یعنی سپیکٹرم (Spectrum) نظر آتا ہے جو ایک روشن دہری لکیر پر مشتمل ہوتا ہے ، جسے سوڈیم لکیر (Sodium line) کہتے ہیں ۔ اب اگر سوڈیم روشنی کو طیف پیما یعنی سپیکٹرومیٹر (Spectro-meter) سے ہٹا دیا جائے اور اس کی بجائے سورج کی روشنی اس میں پڑنے دی جائے تو سات رنگوں کا جو شمسی طیف (Solar spectrum) دیکھنے میں آتا ہے، اس میں ایک دہری سیاہ لکیر جو فران ہافر لکیروں (Fraun hofer lines) میں سے ایک ہے اور جو D لکیر (D. Line) کہلاتی ہے، عین اس جگہ نظر آتی ہے جہاں پہلی صورت میں سوڈیم روشنی کے طیف (Spectrum) کی دوہری روشن لکیر نمایاں تھی ۔ کرشوف نے بتایا کہ شمسی طیف (Solar spectrum) کی فران ہافر لکیروں میں جو سیاہ D لکیر (D. Line) نظر آتی ہے ، یہ سوڈیم کا جذبی طیف (Absorption spectrum) ہے۔ اسی طرح فران ہافر لکیروں میں باقی لکیریں بھی مختلف عناصر (Elements) کے جذبی طیفوں (Absorption spectrum) کی لکیریں ہیں ۔ اس کی مزید تفصیل یہ ہے کہ سورج کا اصل روشن حصہ بہت گرم ہے اور وہ ایک مسلسل طیف (Continuous spectrum) پیدا کرتا ہے ۔ جس کے آر پار کسی قسم کی سیاہ لکیریں نہیں ہوتیں ۔ اس روشن حصے کو فوٹوسفیئر

(Photosphere) یا ضیائی کرہ کہتے ہیں - اس ضیائی کرے کے اردگرد ایک بیرونی کرہ ہے جو نسبتاً کم گرم ہوتا ہے - اسے کروموسفیئر (Chromosphere) یعنی رنگین کرہ کہتے ہیں - اس کرے میں بہت سے عناصر مثلاً سوڈیم، لوہا، تانبا، ہائیڈروجن، آکسیجن، نائٹروجن وغیرہ گیسی صورت میں موجود ہوتے ہیں- سورج کے ضیائی کرے یعنی فوٹوسفیئر (Photosphere) سے جو سفید روشنی باہر نکلتی ہے، اسے کروموسفیئر (Chromosphere) میں سے گزرنا ہوتا ہے- یہاں جو مختلف عناصر گیسی صورت میں کم تر ٹمپریچر پر موجود ہوتے ہیں وہ کرشوف کے قانون (Kirchhoff's law) کے مطابق سفید روشنی میں سے اس طول موج (Wave length) کی شعاعیں جذب کر لیتے ہیں جو خارج کنندہ ہونے کی صورت میں وہ خود خارج کرتے ہیں- اس کا نتیجہ یہ ہے کہ شمسی طیف (Solar spectrum) میں سے ان طول موج کی شعاعیں غائب ہو جاتی ہیں اور ان کی جگہ سیاہ لکیریں نمودار ہو جاتی ہیں - یہی فران ہافر لکیریں (Fraunhofer lines) ہیں -

ان لکیروں کے مطالعے سے سائنس دانوں نے پتہ لگایا ہے کہ سورج کے بیرونی کرے میں کون کون سے عناصر موجود ہوتے ہیں اور اس طرح کروڑوں میل دور بیٹھے ہوئے سورج کی ترکیب کے متعلق قابل قدر معلومات انھیں حاصل ہو گئی ہیں- حقیقت یہ ہے کہ کرشوف کے قانون (Kirchhoff's law) کے اس عملی اطلاق نے تحقیق کی ایک نئی راہ کھول دی ہے جسے طیفی تجزیے (Spectrum analysis) کا نام دیا جاتا ہے -

سٹیفن کا قانون(Stefan's law) - جب کسی جسم کو اونچے ٹمپریچر تک گرم کیا جائے تو وہ حرارتی شعاعیں یا دوسرے لفظوں میں اشعاعی حرارت (Radiant heat) خارج کرنے لگتا ہے- جسم کا ٹمپریچر جتنا اونچا ہو خارج شدہ حرارت کی مقدار (فی سیکنڈ) اتنی ہی زیادہ ہوتی ہے یہاں سوال پیدا ہوتا ہے کہ جسم کے ٹمپریچر اور اس سے خارج ہونے والی اشعاعی حرارت میں کیا تعلق ہے- ایک سائنس دان ٹنڈل (Tyndall)

نے تجربے سے معلوم کیا کہ پلاٹینم کے ایک تار کو اگر 1200°C تک سفید گرم (White hot) کیا جائے اور دوسری مرتبہ ایسے 525°C تک سرخ گرم (Red hot) کیا جائے تو دونوں صورتوں میں اس سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی اشعاعی حرارت کی مقدار کی نسبت 11·6 ہے۔ جب 1200°C اور 525°C کو مطلق ٹمپریچروں میں تبدیل کیا جائے تو ان سے بالترتیب (273+1200) یعنی 1473°A اور (273+525) یعنی 798°A حاصل ہوتے ہیں۔ سٹیفن نے معلوم کیا ہے کہ (1473^4) اور (798^4) کی نسبت 11·6 ہے۔ گویا یہ نسبت وہی ہے جو ان دونوں صورتوں میں خارج ہونے والی اشعاعی حرارت کے درمیان پائی جاتی ہے۔ سٹیفن (Stefan) نے اس سے یہ نتیجہ نکالا کہ کسی جسم سے خارج ہونے والی اشعاعی حرارت کی مقدار اس جسم کے مطلق ٹمپریچر کی چوتھی طاقت کے متناسب ہوتی ہے۔ بعد کے تجربوں سے ثابت ہوا کہ یہ حقیقت کامل سیاہ جسم پر پوری طرح صادق آتی ہے۔ اس سے سٹیفن (Stefan) نے مندرجہ ذیل قانون پیش کیا جو اس کے نام پر سٹیفن کا قانون (Stefan's law) کہلاتا ہے۔

سٹیفن کا قانون (Stefan's law)- ایک کامل سیاہ جسم کے اکائی رقبے سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی اشعاعی حرارت کی پوری مقدار اس جسم کے مطلق ٹمپریچر کی چوتھی طاقت کے متناسب ہوتی ہے۔

ریاضی کی رو سے اگر کسی کامل سیاہ جسم کے اکائی رقبے سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی اشعاعی حرارت کی مقدار R ہو اور اس جسم کا مطلق ٹمپریچر T (Absolute temperature) ہو تو

$$R = \sigma T^4$$

جب کہ σ ایک مستقل ہے۔ اس کو **سٹیفن کا مستقل** (Stefan's constant law) کہتے ہیں۔

نوٹ- جب کوئی سیاہ جسم اونچے ٹمپریچر پر حرارت خارج کر رہا ہوتا ہے تو وہ پری ووسٹ کے تبادلوں کے نظریے (Prevost's theory of exchanges) کے مطابق اپنے ماحول سے حرارت حاصل بھی کرتا جاتا ہے۔

چنانچہ اس عملی صورت میں سیاہ جسم کی خارج کردہ حرارت کے ساتھ ساتھ اس جسم کی حاصل کردہ حرارت کا لحاظ رکھنا بھی ضروری ہو جاتا ہے۔

فرض کیجیے کہ دیے ہوئے کامل سیاہ جسم کا اپنا مطلق ٹمپریچر T ہے اور جس ماحول میں وہ رکھا ہے، اس کی سطح بھی کامل سیاہ ہے جس کا مطلق ٹمپریچر T_0 ہے۔ تب اصل سیاہ جسم سے خارج کردہ حرارت

$$=\sigma T^4$$

ماحول سے خارج کردہ حرارت

$$=\sigma T_0^4$$

ماحول کی خارج کردہ اس حرارت کو اصل سیاہ جسم جذب کرتا ہے، اس لیے اصل سیاہ جسم کی خارج کردہ حرارت عملی طور پر

$$\sigma T^4 - \sigma T_0^4$$

یعنی

$$\sigma (T^4 - T_0^4)$$

ہو جاتی ہے۔ اس لیے اگر یہ حرارت R ہو تو

$$R=\sigma (T^4 - T_0^4)$$

سٹیفن کے قانون کی اس عملی صورت کو لفظوں میں یوں بیان کیا جا سکتا ہے۔

سٹیفن کے قانون کی عملی صورت - اگر ایک کامل سیاہ جسم، جس کا مطلق ٹمپریچر T ہو، کامل سیاہ سطح کے ایک ماحول میں جس کا مطلق ٹمپریچر T_0 ہو، رکھا ہوا ہو (جب کہ T سے T_0 نیچا ہو) تو کامل سیاہ جسم اپنی سطح سے فی مربع سنٹی میٹر فی سیکنڈ جو اشعاعی حرارت R خارج کرتا ہے وہ ذیل کی مساوات کے مطابق ہوتی ہے۔

$$R=\sigma (T^4 - T_0^4)$$

جب کہ σ سٹیفن کا مستقل (Stefan's constant) ہو۔

سٹیفن کے قانون کا نظری ثبوت ۔ سٹیفن نے اپنا قانون پہلے پہل 1879ء میں پیش کیا تھا اور اس کی بنا تجرباتی نتائج پر رکھی تھی - پانچ سال کے بعد اس کے شاگرد بولٹزمان (Boltzmann) نے اس قانون کو حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) سے نظری طور پر ثابت کیا ۔ اس وجہ سے اب یہ قانون بعض اوقات سٹیفن بولٹزمان قانون (Stefan Boltzmann law) کہلاتا ہے ۔

اس قانون کا نظری ثبوت جو حرارتی حرکیات (Thermo dynamics) سے حاصل کیا گیا ہے، حسب ذیل ہے ۔

شعاعوں کے برق مقناطیسی نظریے (Electro-magnetic theory) کے مطابق جب شعاعیں ایک کامل عاکس (Perfectly reflecting) سطح سے ٹکراتی ہیں تو وہ اس سطح پر دباؤ ڈالتی ہیں اور یہ دباؤ شعاعوں کی توانائی کی کثافت (Energy density) کے برابر ہوتا ہے۔ البتہ اگر شعاعیں ایک بند احاطے (Enclosure) میں محصور ہوں تو چونکہ وہ تمام اطراف میں یکساں طور پر پڑرہی ہوتی ہیں، اس لیے ان کا دباؤ تین محوروں (Axes) میں تقسیم ہو جاتا ہے اور توانائی کی کثافت (Energy density) کے $\frac{1}{3}$ کے برابر ہوتا ہے ۔

فرض کیجیے کہ ایک بند احاطے (Enclosure) کے اندر (جس کا مطلق ٹمپریچر T ہے) شعاعوں کی توانائی کی کثافت (Energy density) E ہے اور شعاعوں کا دباؤ p اور ان کا حجم (جو احاطے ہی کا حجم ہے) v ہے ۔ چونکہ توانائی کی کثافت E ایک اکائی حجم کی کثافت ہے، اس لیے v حجم کے اندر کی پوری توانائی اگر u ہو تو

$$u=\mathrm{E}\,v$$

زیر بحث مسئلے پر میکسویل (Maxwell) کی دوسری مساوات کا اطلاق کرنے سے

$$\left(\frac{d\mathrm{Q}}{dv}\right)_{\mathrm{T}}=\mathrm{T}\left(\frac{dp}{d\mathrm{T}}\right)_{v}$$

$$\because \quad d\mathrm{Q}=du+pdv$$

$$\therefore \quad \left(\frac{du + pdv}{dv} \right) = T \left(\frac{dp}{dT} \right)_T$$

یا $$\frac{1}{T}\left(\frac{du + pdv}{dv} \right)_T = \left(\frac{dp}{dT} \right)_v$$

یا $$\frac{1}{T}\left(\frac{du}{dv} + p \right)_T = \left(\frac{dp}{dT} \right)_v$$

یا $$\left(\frac{du}{dv} \right)_T + p = T\left(\frac{dp}{dT} \right)_v$$

یا $$\left(\frac{du}{dv} \right)_T = T\left(\frac{dp}{dT} \right)_v - p$$

اب $\frac{du}{dv}$ توانائی کی کثافت E ہے اور p جیسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ہے، $\frac{E}{3}$ کے برابر ہے، اس لیے ان قیمتوں کو اوپر درج کرنے سے

$$E = \frac{T}{3}\left(\frac{dE}{dT} \right) - \frac{E}{3}$$

3 کے ساتھ ضرب دینے سے

$$3E = T\left(\frac{dE}{dT} \right) - E$$

یا $$4E = T\left(\frac{dE}{dT} \right)$$

یا $$\frac{dE}{dT} = \frac{4E}{T}$$

$$\therefore \quad \frac{dE}{E} = 4\frac{dT}{T}$$

دونوں جانب تکمیلی عمل (Integration) کرنے سے

$$\log E = 4 \log T + \text{مستقل}$$

یا $$\log E = \log T^4 + \text{مستقل}$$

یا $$E = \text{مستقل} \times T^4$$

$$\therefore \quad E = \sigma T^4$$

جب σ ایک مستقل ہو۔

اس طرح سٹیفن کا قانون (Stefan's law) حرارتی حرکیات (Thermo-dynamics) سے اخذ ہو جاتا ہے۔

سٹیفن کے قانون سے نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کو اخذ کرنا - نیوٹن کا ٹھنڈک کا قانون (Newton's law of cooling) ہمیں بتاتا ہے کہ اگر ایک جسم اپنے ماحول سے اونچے ٹمپریچر پر ہو مثلاً ماحول کا ٹمپریچر T_0 ہو اور اس جسم کا ٹمپریچر اس سے اونچا یعنی T ہو تو وہ جسم جس شرح سے حرارت خارج کرتا ہے وہ ان دونوں ٹمپریچروں کے فرق یعنی $(T-T_0)$ کے براہ راست متناسب ہوتی ہے۔ چنانچہ اگر اس جسم کی حرارت خارج کرنے کی شرح R ہو تو

$$R = K (T - T_0)$$

جب کہ K ایک مستقل ہے -

سٹیفن کا قانون (Stefen's law) اس کے برعکس ہمیں بتاتا ہے کہ ایسے حالات میں جسم کی حرارت خارج کرنے کی شرح $(T^4 - T_0^4)$ کے متناسب ہوتی ہے یعنی

$$R = \sigma (T^4 - T_0^4)$$

یہاں سوال پیدا ہوتا ہے کہ R کے ساتھ T اور T_0 کے ان دو مختلف تعلقات کے درمیان کس طرح مطابقت پیدا کی جا سکتی ہے۔ اس بارے میں یہ نکتہ ذہن میں رکھنا چاہیے کہ نیوٹن کا قانون اس صورت میں صادق آتا ہے جب جسم اور اس کے ماحول کے ٹمپریچروں میں فرق بہت زیادہ

نہ ھو یعنی دوسرے لفظوں میں جب $(T-T_0)$ کی قیمت کم ھو ۔ اب یہ بات ریاضی سے ثابت کی جا سکتی ھے کہ اگر $T-T_0$ زیادہ نہ ھو تو سٹیفن کا قانون

$$R \propto (T^4-T_0^4)$$

عملی طور پر نیوٹن کے قانون

$$R \propto (T-T_0)$$

سے ھم آھنگ ھو جاتا ھے ۔ یہ حقیقت ذیل کی تشریح سے ظاھر ھے۔

سٹیفن کے قانون کے مطابق

$$\therefore \quad R = \sigma (T^4-T_0^4)$$

$$\therefore \quad R = \sigma(T-T_0)\,(T^3 + T^2T_0 \times TT_0^2 + T_0^3)$$

اب اگر دونوں ٹمپریچروں کا فرق $(T-T_0)$ تھوڑا ھو تو T اور T_0 ایک دوسرے کے قریب آ جاتے ھیں اور اس وجہ سے پہلے تخمینے (First approximation) کے مطابق

$$T^3=T_0^3\ ;\ T^2\,T_0 = T_0^3\ ;\ TT_0^2 = T_0^3$$

ان قیمتوں کو اوپر کی مساوات میں شامل کرنے سے

$$R = \sigma\,(T-T_0) \times 4\,T_0^3$$

یا $\quad R = 4\,\sigma\,T_0^3\,(T-T_0)$

چونکہ T_0^3 موجودہ حالت میں مستقل ھے اس لیے $4\,\sigma\,T_0^3$ ایک مستقل بن جاتا ھے جسے K سے تعبیر کیا جا سکتا ھے، اس لیے

$$R = K\,(T-T_0)$$

یہ نیوٹن کے ٹھنڈک کے قانون کی مساوات ھے۔ اس طرح نیوٹن کا ٹھنڈک کا قانون (Newton's law of cooling) سٹیفن کے قانون (Stefen's law) سے اخذ ھو جاتا ھے بشرطیکہ جسم اور اس کے ماحول کے ٹمپریچروں میں فرق زیادہ نہ ھو ۔

سٹیفن کے قانون کی تجرباتی تصدیق - لیومر (Lummer) اور پرنگ شیم (Pringsheim) نے 1897ء میں سیاہ جسم سے خارج شدہ حرارتی توانائی کی مقدار مختلف ٹمپریچروں پر جو 100°C سے 1300°C تک پھیلے ہوئے تھے، ناپی اور تجربے سے معلوم کیا کہ سٹیفن کا قانون ان سب مشاہدات پر ثابت آتا ھے - اس سے سٹیفن کے قانون کی تصدیق ھو جاتی ھے -

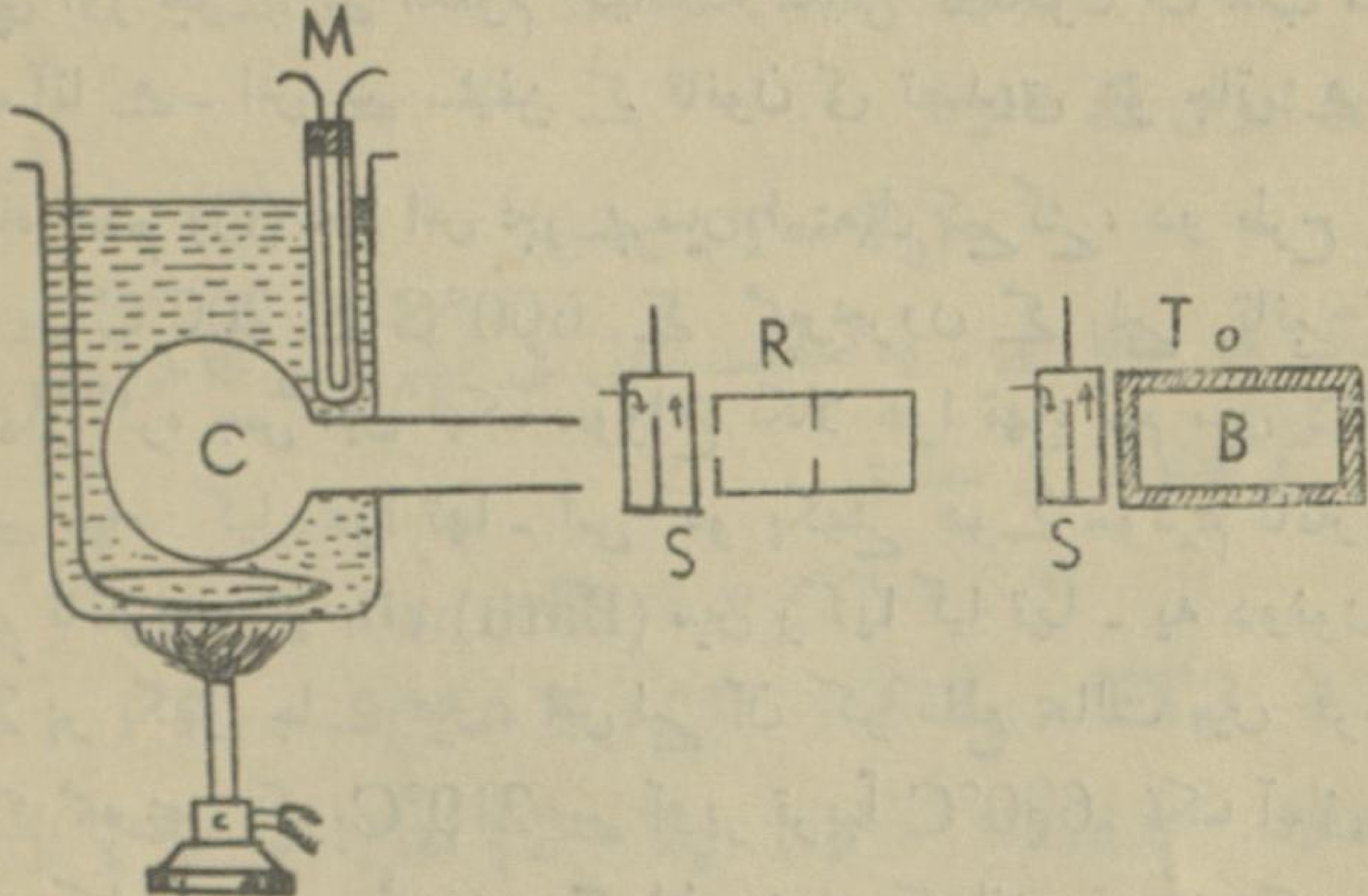
سیاہ جسم (C) جو اس تجربے میں استعمال کیے گئے، دو طرح کے تھے- ان میں سے 200°C کے 600°C کے ٹمپریچروں کے لیے تانبے کا ایک کھوکھلا کرہ جس میں ایک سوراخ نکلا ھوا تھا، کام میں لایا گیا جو اندر سے سیاہ کیا ھوا تھا - اس کو پگھلے ہوئے سوڈیم نائٹریٹ اور پوٹا شیم نائٹریٹ کے باتھ (Bath) میں رکھا گیا تھا - یہ دونوں نمکیات 219°C پر پگھل جاتے ھیں، اس لیے ان کو مائع حالت میں گرم کرکے باتھ کے ٹمپریچر کو 219°C سے اوپر قریباً 600°C تک آسانی سے گرم کیا جا سکتا ھے اور ٹمپریچر کے ان حدود کے اندر تجربے کے مشاھدات لیے جا سکتے ھیں -

اس سے اوپر کے ٹمپریچروں یعنی 900°C سے 1300°C تک کے لیے سیاہ جسم کے طور پر لوھے کے ایک سلنڈر کو استعمال کیا گیا جس میں ایک سوراخ نکلا ھوا تھا اور جس کی اندرونی سطح بھی سیاہ کی ھوئی تھی - اس کو دوھری دیواروں کی ایک بھٹی میں گرم کیا جاتا تھا -

سیاہ جسم کے باتھ کا ٹمپریچر جو اس کے اپنے ٹمپریچر کو بھی ظاھر کرتا تھا، ایک تھرمو کپل (Thermo-couple) T کی مدد سے ناپا جاتا تھا جو اس کے اندر موجود تھا - سیاہ جسم سے خارج شدہ اشعاعی حرارت کو ناپنے کے لیے ایک خاص قسم کے بولومیٹر (Bolometer) سے کام لیا جاتا تھا -

بولومیٹر اور سیاہ جسم کے درمیان ایک روزن (Slit) R رکھا ھوا تھا تاکہ حرارتی شعاعیں اس میں سے گزر ایک متوازی کرن (Parallel beam) کی صورت میں بولومیٹر (Bolometer) پر پڑیں - علاوہ ازیں جب مشاھدات نہ لیے جا رھے ھوں تو ان حرارتی شعاعوں کو بولومیٹر

(Bolometer) تک پہنچنے سے روکنے کے لیے دو شٹر S (Shutter)، اور 'S جن میں سے ایک شٹر سیاہ جسم کے منہ کے قریب اور دوسرا شٹر بولومیٹر کے منہ کے قریب تھا ، رکھے ہوئے تھے ۔



تجربہ کرنے کے لیے سیاہ جسم کے باتھ کو ایک خاص ٹمپریچر T پر قائم رکھا گیا ۔ جس سے سیاہ جسم C کا ٹمپریچر بھی یہی ہو گیا اور اس ٹمپریچر پر اس میں سے حرارتی شعاعیں خارج ہونے لگیں جو اس کے منہ سے باہر نکلتی تھیں ۔ اس وقت دونوں شٹروں (Shutters) کو پرے ہٹا لیا گیا جس سے یہ حرارتی شعاعیں بولومیٹر (Bolometer) تک پہنچنے لگیں ۔ بولومیٹر خود بھی ایک احاطے میں رکھا ہوا تھا جس کا ٹمپریچر T_0 تھا ۔ جب بولومیٹر کے ساتھ لگے ہوئے گیلوانومیٹر میں انصراف (Deflection) α اپنی حد تک پہنچ کر برقرار ہو گیا تو اس کو ناپ لیا گیا ۔ اور α، T اور T_0 کی قیمتوں سے $\frac{\alpha}{T^4-T_0^4}$ کی نسبت نکالی گئی ۔

اس کے بعد سیاہ جسم کے ٹمپریچر T کی مختلف قیمتیں لے کر ان کے مقابل α قیمتیں معلوم کی گئیں اور ہر صورت میں $\frac{\alpha}{T^4-T_0^4}$ کی نسبت نکالی گئی تو معلوم ہوا کہ یہ نسبت تمام صورتوں میں ایک ہی

رھتی ھے۔ اس سے ظاھر ھوتا ھے کہ

$$\alpha \propto (T^4 - T_0^4) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

اب چونکہ بولومیٹر کا انصراف α سیاہ جسم سے خارج ھونے والی اشعاعی حرارت R سے پیدا ھوتا ھے اور یہ α حرارت R کے متناسب ھے اس لئے

$$R \propto \alpha \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

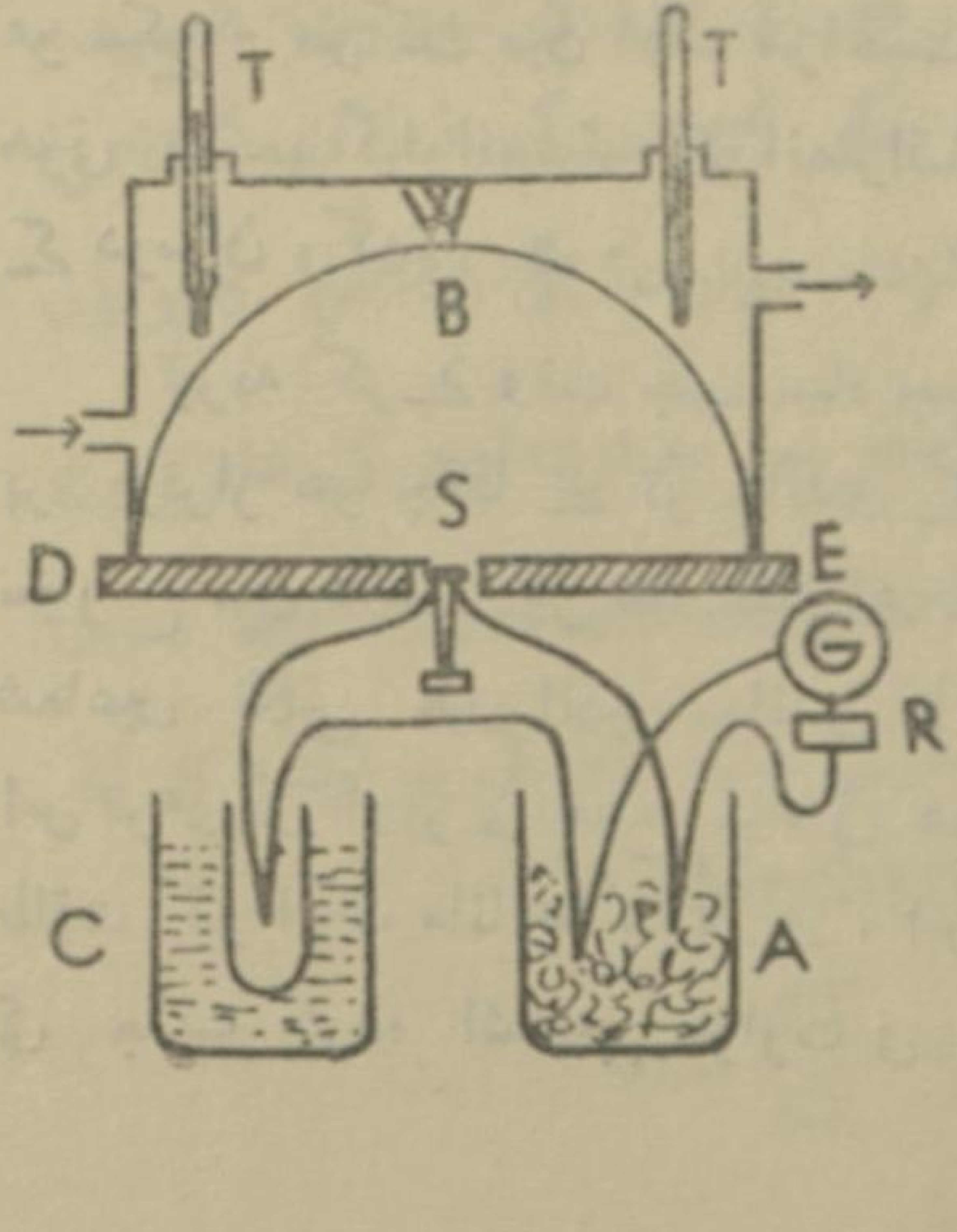
پس مساوات (i) اور (ii) سے

$$R \propto (T^4 - T_0^4)$$

$$\therefore \quad R = \sigma (T - T_0^4)$$

جب کہ σ ایک مستقل ھو ۔ یہ مساوات سٹیفن کے قانون کی عملی صورت کوظاھر کرتی ھے ۔ اس طرح تجربے سے اس قانون کی تصدیق ھوجاتی ھے ۔

سٹیفن کے مستقل (Stefan's constant) σ کو تجربے سے معلوم کرنا۔ اس مقصد کے لیے جس آلے کا استعمال کیا جاتا ھے وہ دھات کے ایک کھوکھلے نیم کرے B پر مشتمل ھوتا ھے جو اندرونی طرف سے بالکل سیاہ کیا ھوتا ھے ۔ اس کا قطر قریباً 10 انچ ھوتا ھے ۔ اسے دھات کے ایک اور بکس W میں رکھا جاتا ھے جو بھاپ خانے (Steam chamber) کا کام دیتا ھے ۔ یہ دونوں برتن لکڑی کے ایک تختے پر دھرے ھوتے ھیں ۔ اس تختے میں نیم کرے کے مرکز پر قریباً ایک انچ قطر کا ایک گول سوراخ بنا ھوتا ھے ۔ چنانچہ جب اس نیم کرے کو گرم کیا جاتا ھے تو اس سوراخ میں سے حرارتی شعاعیں خارج ھوتی ھیں اور اس طرح یہ نیم کرہ ایک سیاہ جسم (Black body) کا کام دیتا ھے ۔ نیم کرے کو گرم کرنے کے لیے اس کے بیرونی خانے W میں بھاپ کو گزارا جاتا ھے اور



اس بھاپ کا ٹمپریچر معلوم کرنے کے لیے اس میں دو تھرمامیٹر T اور T داخل کر دیے جاتے ھیں - اس طرح سیاہ جسم یعنی مذکورہ نیم کرہ بھاپ کے ٹمپریچر T.K پر رھتا ھے جس کی پیمائش ان تھرمامیٹروں کی مدد سے ھوجاتی ھے -

گول تختے DE کے درمیانی سوراخ میں چاندی کا ایک چھوٹا سا قرص (Disc) S رکھا ھوتا ھے جس کی اوپر کی سطح سیاہ کی ھوتی ھے - یہ قرص ایک آبنوسی سلاخ کے اوپر کے سرے پر نصب ھوتا ھے اور یہ آبنوسی سلاخ ایک سٹینڈ میں کسی ھوتی ھے - چنانچہ اس سٹینڈ کی مدد سے قرص مذکورہ کو حسب ضرورت سوراخ میں رکھا یا وھاں سے ھٹایا جا سکتا ھے - ایک تھرمو کپل (Thermo couple) کے ایک جوڑ (Jun-ction) کو قرص S کے نیچے کے رخ کے ساتھ ملا کر رکھا جاتا ھے اور دوسرے جوڑ کو ایک امتحانی نلی میں پڑے ھوئے تیل میں ڈبو دیا جاتا ھے - جب کہ یہ امتحانی نلی خود پانی کے ایک بیکر C میں رکھی ھوتی ھے - تھرمو کپل (Thermo-couple) کے سرکٹ میں ایک گیلوانومیٹر G داخل کیا ھوتا ھے اور جو تار اس گیلوانومیٹر کو تھرمو کپل کے ساتھ ملاتے ھیں ، اُن کو ایک برتن A میں کاٹن وول (Cotton wool) کے اندر رکھا جاتا ھے - یہ احتیاط اس لیے کی جاتی ھے تاکہ ان ملانے والے تاروں کے ٹمپریچر میں فرق پیدا ھو کر گیلوانومیٹر میں خلل انداز نہ ھو سکے - سرکٹ میں ایک مزاحمت (Resistance) R بھی داخل کی ھوتی ھے جو گیلوانومیٹر کے انصراف (Deflection) کو مناسب حدود کے درمیان رکھتی ھے -

تجربہ کرتے وقت جب سیاہ جسم یعنی نیم کرہ T_1K کے ٹمپریچر پر برقرار ھو چکتا ھے تو چاندی کے قرص S کو تختی DE کے درمیانی سوراخ میں داخل کر دیا جاتا ھے - سیاہ جسم یعنی نیم کرے سے جو شعاعیں نکلتی ھیں انھیں چاندی کا یہ قرص S جذب کرتا ھے - چونکہ اس قرص کی اوپر کی سطح سیاہ کی ھوئی ھے اور اس وجہ سے اس کی جذبی طاقت کو ایک مانا جا سکتا ھے ، اس لیے اگر ایک سیکنڈ میں اس قرص کی جذب کردہ اشعاعی حرارت فی اکائی رقبہ R_1 ھو تو $T_1°K$ پر سیاہ

جسم کی خارج کردہ اشعاعی حرارت بھی یہی ہو گی - قرص S بھی اپنے طور پر اشعاعی حرارت R_2 فی اکائی رقبہ فی سیکنڈ خارج کر رہی ہو گی - مگر چونکہ قرص کا ٹمپریچر $T_2°K$ سیاہ جسم کے ٹمپریچر $T_1°K$ سے کم ہے ، اس لیے قرص کی خارج کردہ اشعاعی حرارت R_2 سیاہ جسم کی خارج کردہ اشعاعی حرارت R_1 سے کم ہوگی -

سٹیفن کے قانون (Stefan's law) کے مطابق اگر سٹیفن کا مستقل (Stefan's constant) σ ہو تو

$$R_1=\sigma T_1^4$$

$$R_2=\sigma T_2^4$$

$$\therefore \quad R_1-R_2=\sigma(T_1^4-T_2^4)$$

چونکہ قرص شرح R_1 سے اشعاعی حرارت جذب کرتا ہے اور شرح R_2 سے (جو R_1 سے کم ہے) اشعاعی حرارت خارج کرتا ہے ، اس لیے مجموعی طور پر جو حرارت یہ حاصل کرتا ہے اس کی شرح (R_1-R_2) فی اکائی فی سیکنڈ ہے - اگر اس قرص کی اوپر کی جاذب سطح کا رقبہ A ہو تو اس قرص کی حاصل کردہ حرارت فی سیکنڈ

$$=(R_1-R_2)A$$

اب اگر قرص کی کمیت (Mass) m ہو ، اس کی حرارت مخصوصہ (Specific heat) S ہو اور اس کے ٹمپریچر کی زیادتی کی شرح $\frac{dT}{dt}$ ہو تو اس قرص کی حاصل کردہ حرارت (فی سیکنڈ) کلوریوں (Calories) میں $mS\frac{dT}{dt}$ ہوگی - ادھر یہی حرارت اوپر کی تشریح کے مطابق ارگ میں $(R_1-R_2)A$ ہے ، اس لیے جب اسے کلوریوں میں تبدیل کیا جائے تو وہ $\frac{(R_1-R_2)A}{J}$ ہوگی جب کہ J حرارت کا کار مساوی (Mechanical equivalent of heat) ہو

$$\therefore \quad mS\frac{dT}{dt}=\frac{(R_1-R_2)A}{J}$$

مگو جسا کہ پہلے ثابت کیا جا چکا ہے

$$(R_1 - R_2) = \sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

$$\therefore \quad mS\frac{dT}{dt} = \frac{\sigma A(T_1^4 - T_2^4)}{J}$$

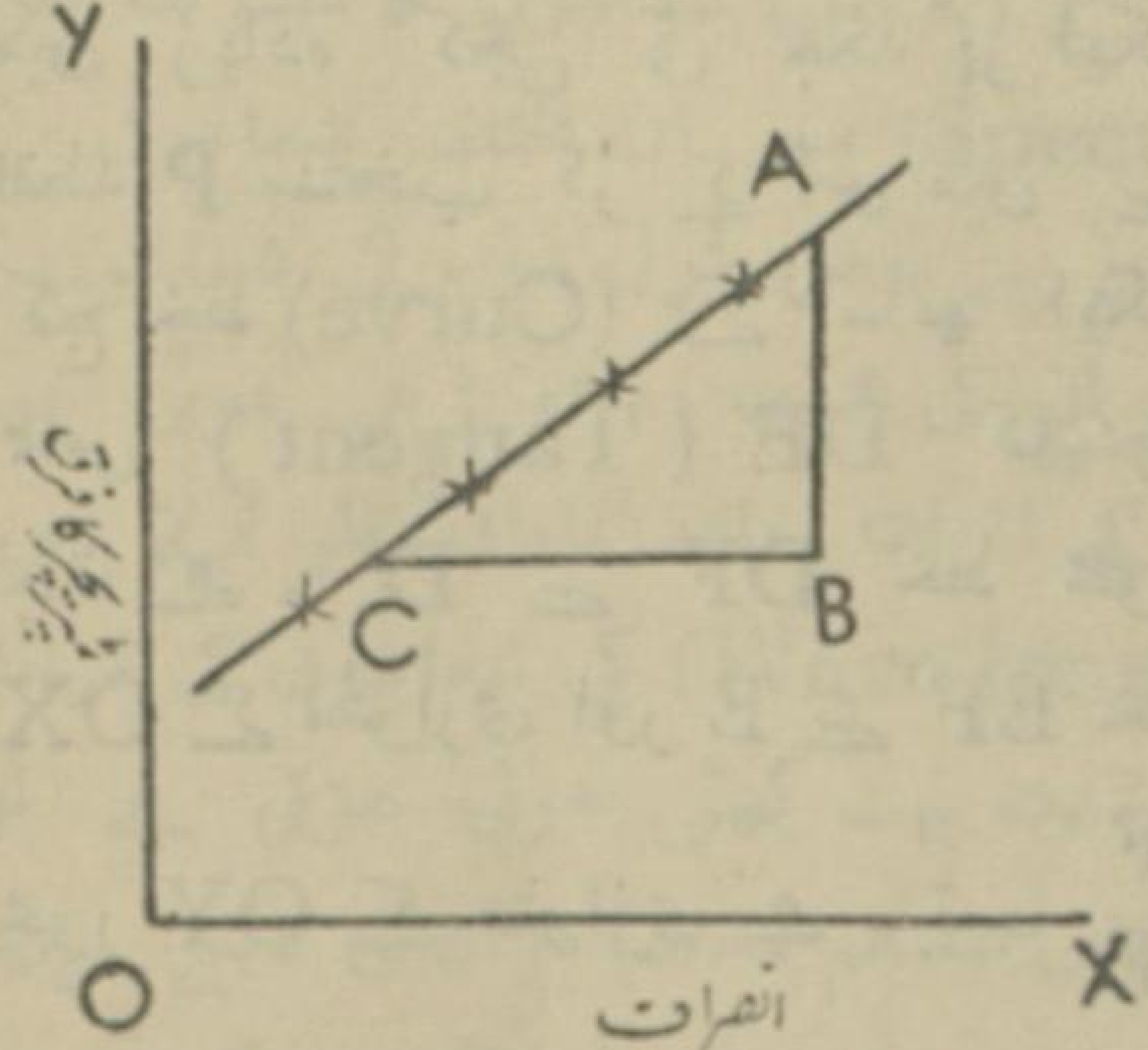
یا

$$\sigma = \frac{JmS}{A(T_1^4 - T_2^4)} \times \frac{dT}{dt}$$

اس مساوات میں قرص کی کمیت m ، اس کی حرارت مخصوصہ S اور اس کا رقبہ A پیائش سے دریافت کیے جا سکتے ہیں اور J کی قیمت معلوم ہوتی ہے ۔ T_1 بھاپ کا ٹمپریچر ہے ، اسے معلوم کرنے کے لیے بھاپ خانے میں رکھے ہوئے تھرمامیٹروں سے بھاپ کا ٹمپریچر سنٹی گریڈ پیمانے میں پڑھا جاتا ہے اور پھر اس میں 273 جمع کر کے بھاپ کا مطلق ٹمپریچر معلوم کر لیا جاتا ہے ۔ اس لیے اگر اوپر کی مساوات میں $\frac{dT}{dt}$ اور T_2 کا علم ہو جائے تو σ کی قیمت نکل سکتی ہے ۔ اس مقصد کے لیے مندرجہ ذیل تدابیر اختیار کی جاتی ہیں ۔

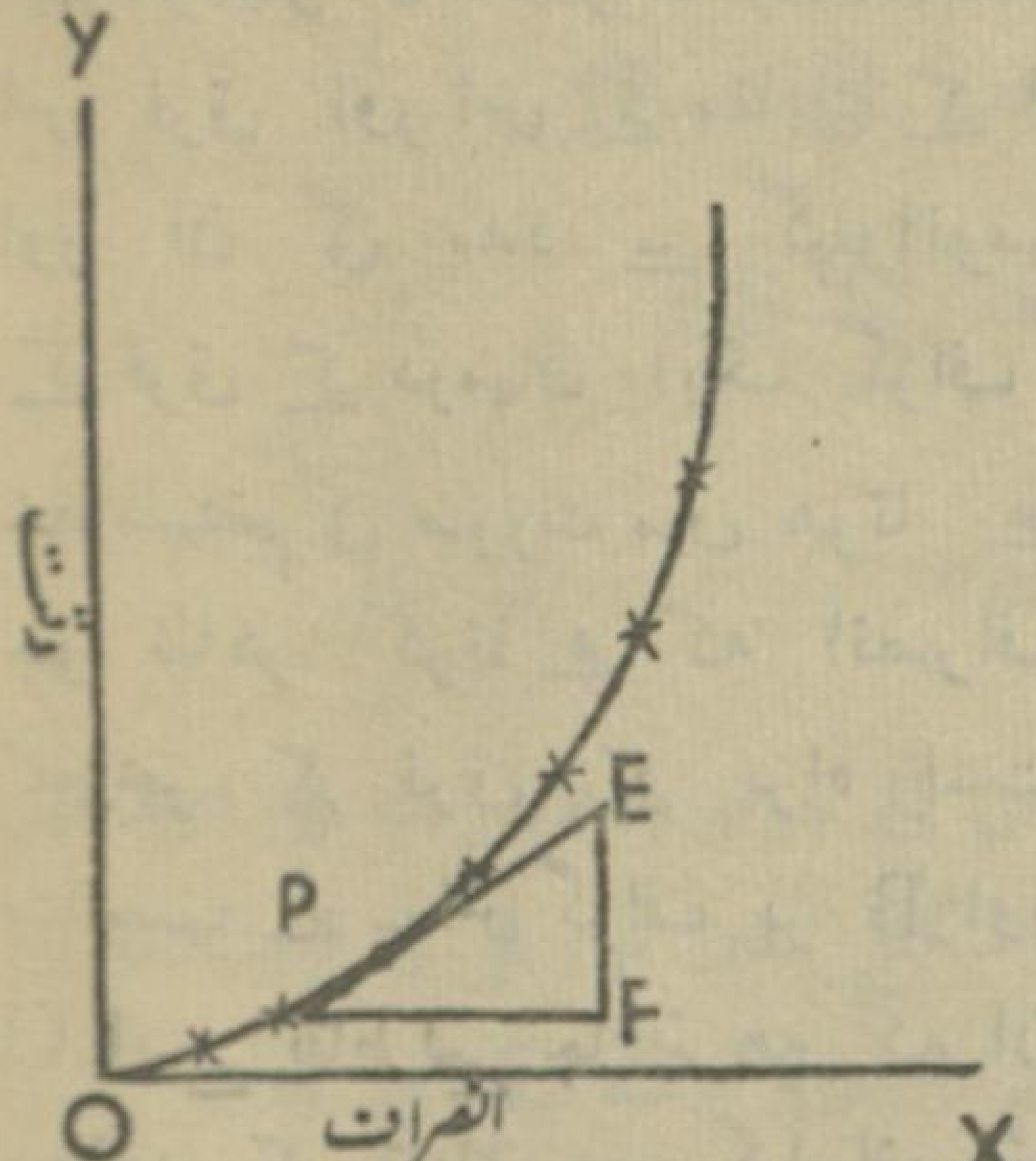
دیے ہوئے تھرموکپل کے لیے $\frac{dT}{dt}$ کو معلوم کرنا ۔ بھاپ خانے میں بھاپ داخل کرنے سے پہلے قرص S کو اس کے سوراخ میں لایا جاتا ہے ۔ اس حالت میں نیم کرہ اور اس کے ساتھ لگا ہوا تھرموکپل کا پہلا جوڑ (Junction) دونوں کمرے کے ٹمپریچر پر ہوتے ہیں ۔ ابتدا میں تھرموکپل کا دوسرا جوڑ بھی ، جو بیکر C کے اندر رکھی ہوئی امتحانی نلی کے تیل میں ڈوبا ہوا ہوتا ہے ، کمرے کے ٹمپریچر ہی پر ہوتا ہے اور اس لیے اس حالت میں تھرموکپل کے سرکٹ میں لگا ہوا گیلوانومیٹر کوئی انصراف (Deflection) ظاہر نہیں کرتا ۔ اب آہستہ آہستہ بیکر C کو گرم کیا جاتا ہے جس سے دونوں جوڑوں کے ٹمپریچروں میں فرق پیدا ہو جاتا ہے اور گیلوانومیٹر میں انصراف پیدا ہونے لگتا ہے ۔ جوں جوں ٹمپریچر کا یہ فرق بڑھتا ہے

گیلوانومیٹر کا انصراف (Deflection) بھی بڑھتا جاتا ہے - ٹمپریچر کے اس فرق اور اس کے مقابل کے انصراف کی متعدد پیمائش لی جاتی ہیں - اور ان کی مدد سے گیلوانومیٹر کے انصراف x اور ٹمپریچر T کے فرق کے درمیان ایک گراف کھینچا جاتا ہے - یہ گراف ایک خط مستقیم کی صورت میں ہوتا ہے جو ظاہر کرتا ہے کہ انصراف ٹمپریچر کے فرق کے براہ راست متناسب ہے - اس گراف پر B اور C ایسے نقاط لیے جاتے ہیں کہ ان دونوں کے مقابل میں گیلوانومیٹر کے انصراف کا فرق 1 سنٹی میٹر ہوتا ہے - B سے ایک عمودی خط



آوپر کو کھینچا جاتا ہے جو گراف کے ساتھ نقطہ A پر ملتا ہے - تب A اور C کے مقابل میں ٹمپریچر کا فرق وہ ہے جو گیلوانومیٹر میں 1 سنٹی میٹر کا انصراف پیدا کرتا ہے ، اس لیے اگر AB اور BC کو ناپ کر آن کی نسبت $\frac{AB}{BC}$ معلوم کی جائے تو یہ نسبت $\frac{dT}{dx}$ کو ظاہر کرتی ہے -

قرص کو سوراخ میں سے ہٹا لینے کے بعد بھاپ خانے W میں بھاپ گزاری جاتی ہے ، یہاں تک کہ نیم کرے کا ٹمپریچر بھاپ کے ٹمپریچر تک پہنچ کر برقرار (Steady) ہو جاتا ہے اور دونوں تھرمامیٹروں سے ٹمپریچر کا برقرار ہو جانا ظاہر ہو جاتا ہے - اس وقت قرص S کو اس کے سوراخ میں داخل کر دیا جاتا ہے - قرص حرارتی شعاعوں کو جذب کرتا ہے جس سے اس کا ٹمپریچر اور اس کے ساتھ تھرمو کپل (Thermo-couple) کے پہلے جوڑ کا ٹمپریچر بڑھنے لگتا ہے اور اس کے مقابل میں گیلوانومیٹر کا انصراف بھی زیادہ ہوتا جاتا ہے - دو دو سیکنڈ کے وقفوں سے اس انصراف کی قیمتیں پڑھی جاتی ہے اور



اس کے بعد انحراف x اور t کے درمیان ایک گراف کھینچا جاتا ہے ۔ یہ گراف ایک کج خط (Curve) کی صورت میں ہوتا ہے ۔ اس کج خط میں زیادہ کجی کی جگہ پر ایک نقطہ P منتخب کر کے اس میں سے کج خط (Curve) کے ساتھ ایک مماس DE (Tangent) کھینچا جاتا ہے ۔ D سے DF خط محور OX کے متوازی اور E سے EF خط محور OY کے متوازی ہے ۔ تب $\frac{DF}{EF}$ کی نسبت وقت کے ساتھ انحراف (Deflection) کی تبدیلی کی شرح یعنی $\frac{dx}{dt}$ کو ظاہر کرتی ہے ۔

اس سے پہلے تجربے میں $\frac{dT}{dx}$ کی پیمائش کی گئی ہے ، اس لیے

$$\frac{dT}{dt}=\frac{dT}{dx}\times\frac{dx}{dt}=\frac{AB}{BC}\times\frac{DF}{EF}$$

اس طرح $\frac{dT}{dt}$ کی قیمت معلوم ہو جاتی ہے ۔

T_2 کی پیمائش کرنا ۔ دوسرے تجربے میں P کے مقابل میں گیلوانومیٹر کا ، جو انحراف دوسرے گراف سے معلوم ہوتا ہے ، اسے نوٹ کر لیا جاتا ہے اور پہلے تجربے کے گراف سے اس انحراف کے مقابل میں ٹمپریچروں کا فرق دریافت کر لیا جاتا ہے ۔ جب اس فرق کو قرص کے ابتدائی ٹمپریچر میں جمع کر کے اس میں 273 کا اضافہ کر دیا جاتا ہے تو $T_2°$ کی قیمت مطلق پیمانے میں معلوم ہو جاتی ہے ۔

آخر میں $\frac{dT}{dt}$ اور T_2 کی قیمتیں مساوات (*ii*) میں شامل کی

جاتی ہیں اور چونکہ باقی تمام مقداریں پہلے سے معلوم ہوتی ہیں ، اس لیے σ کی مطلوبہ قیمت نکل آتی ہے -

سیاہ جسم کے طیف (Spectrum) میں توانائی کی تقسیم - جب ایک سیاہ جسم کو اونچے ٹمپریچر پر گرم کیا جاتا ہے تو وہ شعاعیں خارج کرنے لگتا ہے - یہ شعاعیں مختلف طول موج (λ) کی شعاعوں کا مجموعہ ہوتی ہیں ، اس لیے ان کے طیف (Spectrum) میں ان مختلف شعاعوں کے اثرات ظاہر ہوتے ہیں - ان میں سے بعض طول موج کی شعاعوں کی توانائی زیادہ ہوتی ہے جس کے باعث ان کی شدت زیادہ بڑھی ہوئی ہوتی ہے اور طیف (Spectrum) میں آن کے اثرات زیادہ نمایاں نظر آتے ہیں - اس کے برعکس بعض طول موج (Wave length) کی شعاعوں کی توانائی کم ہوتی ہے جس کے باعث اس کی شدت بہت گھٹی ہوئی ہوتی ہے اور آن کے اثرات طیف (Speetrum) میں مدھم مدھم دکھائی دیتے ہیں - **اس سے واضح ہے کہ ایک سیاہ جسم سے خارج ہونے والی شعاعوں میں توانائی کی تقسیم یکساں نہیں ہوتی ، بلکہ بعض طول موج کی شعاعوں میں یہ توانائی زیادہ اور بعض طول موج کی شعاعوں میں یہ توانائی کم پائی جاتی ہے** - علاوہ ازیں مختلف طول موج کی شعاعوں میں توانائی کی اس تقسیم کا ایک گہرا تعلق سیاہ جسم کے ٹمپریچر سے بھی ہے - عام طور پر اگر سیاہ جسم نسبتاً کم گرم ہو تو اس سے خارج ہونے والی شعاعوں میں بڑی طول موج کی شعاعیں زیادہ توانائی رکھتی ہیں ، لیکن جب سیاہ جسم بہت زیادہ گرم ہو یعنی اس کا ٹمپریچر بہت اونچا ہو تو اس سے خارج ہونے والی شعاعوں میں سے چھوٹے طول موج کی شعاعوں کی توانائی زیادہ ہوتی ہے - یہ حقیقت سادہ طور پر ذیل کے تجربے سے ظاہر ہو جاتی ہے -

پلاٹینم کے ایک تار کو جسے باہر سے سیاہ کیا گیا ہو ، برق رو کے ذریعے گرم کرو - جب اس کا ٹمپریچر 525°C ہوتا ہے تو اس کا رنگ پھیکا سرخ (Dull red) ہوتا ہے - 900°C پر وہ گہرا سرخ ہو جاتا ہے جس سے ظاہر ہوتا ہے کہ اس میں سے خارج ہونے والی شعاعوں میں سے سرخ شعاعوں کی توانائی سب سے زیادہ ہے اور زرد یا نیلی شعاعوں

کی توانائی قریباً ناپید ہے - 1100°C پر تار کا رنگ نارنجی یعنی سنگتری (Orange) ہو جاتا ہے جس سے ظاہر ہوتا ہے کہ اب زرد شعاعوں کی توانائی کچھ بڑھ گئی ہے اور سرخ شعاعوں کی توانائی کچھ گھٹ گئی ہے ؛ یہاں تک کہ دونوں کے باہمی اثر سے سنگتری رنگ نمایاں ہو گیا ہے - 1250°C پر تار کا رنگ زرد ہو جاتا ہے جس سے ظاہر ہوتا ہے کہ اب سرخ شعاعوں کی توانائی بہت کم ہو گئی ہے - مگر زرد شعاعوں کی توانائی بہت بڑھ گئی ہے البتہ نیلی شعاعوں کی توانائی بدستور کم ہے -

1600°C پر تار سفید نظر آتی ہے جس سے ظاہر ہے کہ اب سرخ شعاعوں اور زرد شعاعوں کی نسبتاً کم توانائی میں نیلی شعاعوں کی توانائی (جو نیچے کے ٹمپریچروں پر ناپید تھی) اس اونچے ٹمپریچر پر ان میں شامل ہو گئی ہے اور تینوں رنگوں کی شعاعوں کے مجموعی اثر نے تار کو سفید بنا دیا ہے - اس ضمن میں یہ نکتہ یاد رکھنا چاہیے کہ سرخ شعاعوں کے طول موج سے زرد شعاعوں کا طول موج کم ہوتا ہے اور زرد شعاعوں کے طول موج سے نیلی شعاعوں کا طول موج کم ہوتا ہے - اس لحاظ سے جب سیاہ جسم کا ٹمپریچر بڑھتا ہے تو بڑے طول موج کی شعاعوں (مثلاً سرخ شعاعوں) کے مقابلے میں اس سے چھوٹے طول موج کی شعاعوں (مثلاً زرد شعاعوں) کی توانائی بڑھتی ہے - اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ **سیاہ جسم کے ٹمپریچر کے بڑھنے سے توانائی کی تقسیم اس طور سے ہوتی ہے کہ اس کا زیادہ سے زیادہ حصہ چھوٹے طول موج کی شعاعوں کی طرف منتقل ہوتا جاتا ہے -**

نوٹ : اوپر کی تفصیل محض ایک بیان کی حیثیت رکھتی ہے لیکن اگر اس کو ریاضی کا روپ دیا جائے تو پھر اس مسئلے کی شکل یہ ہو جاتی ہے کہ اگر ایک جسم کی فی مربع سنٹی میٹر سطح سے طول موج λ اور $\lambda + d\lambda$ کے درمیان کی شعاعوں کے اخراج (Emission) کی شرح $E_\lambda d\lambda$ ہو اور سیاہ جسم کا ٹمپریچر T ہو تو ایسے سیاہ جسم کے لیے E_λ کس طور سے λ اور T پر منحصر ہوتی ہے -

وئین کا قانون (Wein's law) - 1893ء میں ایک سائنس داں وئین (Wein) نے حرارتی حرکیات (Therm-odynamics) کی رو سے ثابت کیا کہ اگر ایک سیاہ جسم کا ٹمپریچر T ہو اور اس ٹمپریچر پر طول موج کے لیے اس جسم کی اخراجی طاقت (Emissive power) E_λ سب سے زیادہ قیمت رکھتی ہو تو یہ طول موج λ_m ٹمپریچر T کے بالعکس متناسب ہوتا ہے - یہ **وئین کا قانون** (Wein's law) ہے -

ریاضی کی رو سے

$$\lambda_m \propto \frac{1}{T}$$

$$\therefore \quad \lambda_m T = \text{ایک مستقل}$$

اس مستقل کی قیمت 0·293 سنٹی میٹر ڈگری ہوتی ہے -

اس قانون سے ظاہر ہوتا ہے اگر ٹمپریچر T بڑھ جائے تو λ_m کی قیمت کم ہو جاتی ہے - یعنی سب سے زیادہ توانائی اور شدت رکھنے والی شعاعیں وہ ہو جاتی ہیں جن کا طول موج کم ہوتا ہے - دوسرے لفظوں میں اس کا مطلب یہ ہے کہ ٹمپریچر T کے بڑھ جانے سے اشعاع (Radiation) کی زیادہ سے زیادہ شدت چھوٹے طول موج کی طرف ہٹ جاتی ہے - اس لیے وئین (Wien) کے مذکورہ قانون کو **وئین کا ہٹاؤ کا قانون** (Wien's displacement law) بھی کہا جاتا ہے -

پانچویں طاقت کا قانون - وئین (Wien) نے یہ بھی ثابت کیا کہ اگر سیاہ جسم کے ٹمپریچر T پر λ_m کے مقابل میں E_λ کی زیادہ سے زیادہ قیمت E_m ہو تو

$$E_m T^{-5} = \text{ایک مستقل}$$

اس کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے -

$$\frac{E_m}{T^5} = \text{ایک مستقل}$$

$$\therefore \quad E_m \propto T^5$$

اس سے ظاہر ہے کہ طول موج λ_m کے لیے ایک یاہ جسم کی

زیادہ سے زیادہ اخراجی طاقت (Maximum emissive power) اس جسم کے مطلق ٹمپریچر (T) کی پانچویں طاقت کے براہ راست متناسب ہوتی ہے - یہ **وئین** (Wien) **کا پانچویں طاقت کا قانون** (Fifth power law) کہلاتا ہے -

وئین کا متحدہ کلیہ - وئین (Wien) نے اوپر کے دونوں کلیوں کو ایک عمومی کلیے میں متحد کر دیا اور اس متحدہ کلیے کو ریاضی کی زبان میں یوں لکھا

$$E_\lambda = K\,\lambda^{-5} f(\lambda T)$$

جب کہ $f(\lambda T)$ طول موج λ اور مطلق ٹمپریچر T کی ایک فنکشن (Function) ہے - اس کے بعد اس نے مزید تحقیقات کر کے $f(\lambda T)$ کی صورت معلوم کی اور ثابت کیا کہ مذکورہ بالا کلیہ ذیل کی شکل اختیار کرتا ہے -

$$E_\lambda = C_1\ \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T}}$$

جب کہ C_1 اور C_2 دو مستقل ہیں جن میں سے C_1 کی قیمت $4{\cdot}94 \times 10^{-15}$ اور C_2 کی قیمت $1{\cdot}43$ سنٹی میٹر ڈگری ہوتی ہے - اوپر کے کلیے سے

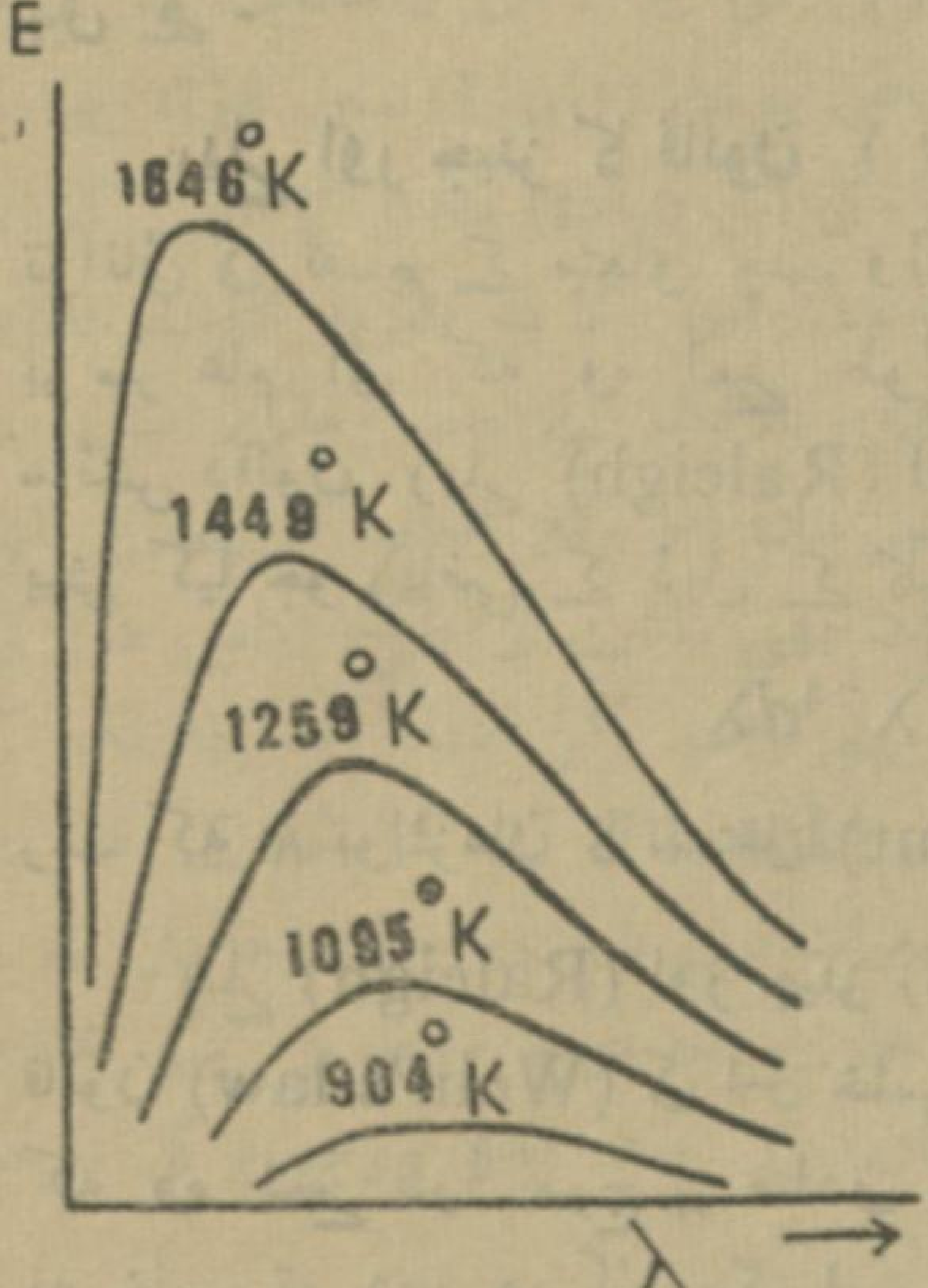
$$E_\lambda\, d\lambda = C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T}} d\lambda$$

چونکہ $E_\lambda d\lambda$ وہ توانائی ہے جو λ اور $\lambda + d\lambda$ کے درمیان کی حدود سے تعلق رکھتی ہے، اس لیے اگر اس کو dE سے تعبیر کیا جائے تو

$$dE = C_1\, \lambda^{-5}\, e^{-\frac{C_2}{\lambda T}} d\lambda$$

یہ توانائی کی تقسیم کے متعلق وئین کے قانون کی جامع تشریحی مساوات ہے -

سیاہ جسم کے طیف کا تجرباتی مطالعہ - 1893ء اور 1899ء کے
دوران میں متعدد سائنس دانوں نے جن میں لیومر (Lummer) اور پرنگ شیم (Pringsheim) کے نام سر فہرست ہیں، تجربے کر کے سیاہ جسم کے طیف (Spectrum) میں توانائی کی تقسیم کی تحقیقات کی - آن کے نتائج کا ماحصل ذیل کے گراف سے معلوم ہوتا ہے جس میں مختلف ٹمپریچروں پر λ اور E کے مابین کج خط (Curves) کھینچے گئے ہیں -



کسی خاص ٹمپریچر پر سیاہ جسم کل توانائی جس قدر خارج کرتا ہے، وہ اس رقبے سے ظاہر ہے جو افقی محور اور اس ٹمپریچر کے کج خط (Curve) کے درمیان گھرا ہے - مختلف کج خطوں کے لیے ان رقبوں کی پیمائش سے معلوم ہوتا ہے کہ دو ٹمپریچروں T_1 اور T_2 کے کج خطوں (Curves) سے گھرے ہوئے رقبوں میں جو نسبت پائی جاتی ہے، وہ $\frac{T_1^4}{T_2^4}$ کے برابر ہے - اس سے **سٹیفن کے قانون** (Stefen's law) **کی تجرباتی تصدیق** ہو جاتی ہے -

مختلف ٹمپریچروں کے کج خطوں پر نظر ڈالنے سے معلوم ہوتا ہے کہ جوں جوں ٹمپریچر بڑھتا ہے ، کج خط کی اونچی چوٹی جو زیادہ سے زیادہ توانائی کو ظاہر کرتی ہے ، چھوٹے طول موج (Wave length) کی طرف کھسکتی جاتی ہے - اس سے **وئین کے ہٹاؤ کے قانون** (Wein's displacement law) یعنی

$$\lambda_m T = \text{ایک مستقل}$$

کا صحیح ہونا ثابت ہو جاتا ہے - جب ان کج خطوں سے وئین (Wein) کے دوسرے کلیے

$$dE=C_1\lambda^{-5}\, e^{-\frac{C_2\lambda}{T}}\, d\lambda$$

کی جانچ کی جاتی ھے تو معلوم ھوتا ھے کہ چھوٹے طول موج پر تو یہ کلیہ صادق آتا ھے ، لیکن لمبے طول موج پر یہ کلیہ تجربے کی کسوٹی پر پورا نہیں آترتا - اس لحاظ سے وئین (Wein) کا یہ کلیہ ایک کامل کلیہ نہیں ھے -

ریلے اور جینز کا قانون (Raleigh and jean's law) - توانائی کی تقسیم کے متعلق جب وئین (Wien) کے قانون کی یہ خامی بر سر عام آئی کہ وہ لمبے طول موج پر پورا نہیں آترتا تو دو سائنس دانوں ریلے (Raleigh) اور جینز (Jeans) نے ایک نیا قانون پیش کیا جو ریاضی کے ذیل کے کلیے سے ظاہر ھوتا ھے -

$$dE=8\pi kT\lambda^{-4}d\lambda$$

رب کہ k بولٹزمان کا مستقل (Boltzmann's constant) ھے -

ریلے (Raleigh) اور جینز (Jeans) نے اپنے طور پر وئین کے قانون (Wein's law) کی اس خامی کو دور کرنے کی کوشش کی تھی کہ وہ لمبے طول موج پر صادق نہیں آتا - آن کے مذکورہ بالا کلیے سے یہ خامی تو دور ھو گئی مگر ایسی ھی ایک خامی تجربے سے اس میں ظاهر بھی ھو گئی یعنی یہ کلیہ لمبے طول موج پر تو راست آتا ھے ، لیکن چھوٹے طول موج کی صورت میں یہ تجرباتی نتائج پر پورا نہیں آترتا -

پلانک کا قانون (Planck's law) - ایک طرف وئین کے قانون (Wein's law) اور دوسری طرف ریلے اور جینز کے قانون(Raleigh-Jean's law) کی مذکورہ بالا خامیوں سے متاثر ھو کر ایک سائنس دان پلانک(Planck) نے ایسا قانون بنانے کی کوشش کی جو ھر قسم کے چھوٹے بڑے طول موج پر صادق آتا ھو - اس نے 1900ء میں اپنا نیا قانون پیش کیا اور اس کی بنا اس نظریے پر رکھی کہ جب کسی جسم سے ν تعدد(Frequency)کی شعاعیں خارج ھو رھی ھوں تو آن کے

ساتھ جس توانائی کا اخراج ہوتا ہے وہ $h\nu$ کی پوری پوری ا اکائیوں (Units) میں ظاہر کی جا سکتی ہے ۔ جب کہ h ایک کائناتی مستقل (Universal constant) ہے ، جسے پلانک کا مستقل (Planck's constant) کہتے ہیں ۔ اس کے معنی یہ ہیں کہ توانائی کا اخراج $h\nu$ سے کم مقدار میں نہیں ہو سکتا اور نہ وہ ایسی مقدار میں ہو سکتا ہے جس میں $h\nu$ کی کوئی کسر (Fraction) آتی ہے ۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ توانائی کا اخراج ہمیشہ ایک خاص یونٹ (Unit) میں ہوتا ہے جو $h\nu$ کے برابر ہے ۔ پلانک نے توانائی کی اس بنیادی مقدار کا نام کوانٹم (Quantum) رکھا جس کے باعث اس کا یہ نظریہ کوانٹم نظریہ (Quantum theory) کہلاتا ہے ۔ پلانک نے جس زمانے میں یہ انقلابی نظریہ پیش کیا اس وقت سائنس دان اس کو تسلیم کرنے کے لیے تیار نہ تھے کہ توانائی کی نوعیت بھی مادے کی طرح ایٹمی طرز کی ہو سکتی ہے ، لیکن بعد کی تحقیقات نے ثابت کر دیا کہ پلانک کا خیال صحیح ہے ۔ اس وجہ سے پلانک (Planck) کے کوانٹم کے نظریے (Quantum theory) کو اب طبیعیات میں بنیادی حیثیت حاصل ہے ۔ کوانٹم کے نظریے کا تفصیلی تذکرہ ہمارے موجودہ موضوع سے خارج ہے ۔ اس لیے ہم اس مختصر سے بیان کے بعد اصل موضوع کی طرف لوٹتے ہیں ۔

پلانک (Planck) نے اپنے کوانٹم کے نظریے (Quantum theory) کے مطابق dE کے لیے جو کلیہ دریافت کیا وہ حسب ذیل ہے ۔

$$dE = \frac{8\pi\lambda^{-5}hC}{e^{\frac{hC}{k\lambda T}}-1}$$

یہ کلیہ تمام قسم کی شعاعوں کے لیے خواہ وہ چھوٹے طول موج کی ہوں یا بڑے طول موج کی ہوں ، تجربے کی کسوٹی پر یکساں طور پر پورا اترتا ہے ۔ اس لیے کہا جا سکتا ہے کہ پلانک کا قانون (Plank's law) ہی اشعاع کا صحیح قانون ہے ۔

وئین کے قانون کو پلانک کے قانون سے اخذ کرنا ۔ پلانک کے قانون (Planck's law) کے مطابق

$$dE=\frac{8\pi hC\lambda^{-5}d\lambda}{e^{\frac{hC}{k\lambda T}}-1}$$

اگر طول موج (Wave length) λ بہت چھوٹا ہو تو $\frac{hC}{k\lambda T}$ کی قیمت بہت زیادہ ہو جاتی ہے اور $e^{\frac{hC}{K\lambda T}}$ کی قیمت بھی اتنی بڑھ جاتی ہے کہ اس کے مقابل میں 1 قابل نظر انداز (Negligible) ہو جاتا ہے ، جسے محو کیا جا سکتا ہے ۔ اس وجہ سے چھوٹے طول موج کے لیے

$$dE=\frac{8\pi hC\lambda^{-5}d\lambda}{e^{\frac{hC}{k\lambda T}}}$$

یا

$$dE=8\pi hC\lambda^{-5}e^{-\frac{hC}{k\lambda T}}d\lambda$$

اس کلیے میں $8\pi hC$ ایک مستقل ہے جسے C_1 کے برابر رکھا جا سکتا ہے ۔ اسی طرح $\frac{hC}{k}$ بھی ایک اور مستقل ہے جیسے C_2 کے برابر رکھا جا سکتا ہے ۔ اس طرح یہ کلیہ ذیل کی شکل اختیار کر لیتا ہے ۔

$$dE=C_1\lambda^{-5}e^{-\frac{C_2}{\lambda T}}d\lambda$$

یہ وئین کے قانون کی حسابی صورت ہے ۔ اس طرح وئین کا قانون (Wein's law) چھوٹے طول موج کے لیر پلانک کے قانون (Planck's law) میں سے اخذ ہو جاتا ہے ۔

ریلے اور جینز کے قانون کو پلانک کے قانون سے اخذ کرنا - پلانک کے قانون (Planck's law) کے مطابق

$$dE = \frac{8\pi hC\lambda^{-5}d\lambda}{e^{\frac{hC}{k\lambda T}} - 1}$$

اگر طول موج (Wave length) λ بہت بڑا ہو تو λT کی قیمت بہت زیادہ ہو جاتی ہے اور $\frac{hC}{k\lambda T}$ کی قیمت بہت کم ہو جاتی ہے ، اس لیے $e^{\frac{hC}{k\lambda T}}$ کو قریباً $1 + \frac{hC}{k\lambda T}$ کے برابر لیا جا سکتا ہے - اس صورت میں

$$dE = \frac{8\pi hC\lambda^{-5}d\lambda}{1 + \frac{hC}{k\lambda T} - 1}$$

یا

$$dE = \frac{8\pi hC\lambda^{-5}d\lambda}{\frac{hC}{k\lambda T}}$$

یا

$$dE = 8\pi kT\lambda^{-4}d\lambda$$

یہ ریلے اور جینز کے قانون کی حسابی صورت ہے - اس طرح ریلے اور جینز کا قانون (Raleigh law) بڑے طول موج کے لیے پلانک کے قانون میں سے اخذ ہو جاتا ہے -

بہت اونچے ٹمپریچروں کی پیمائش - اس سے پہلے بیان کیا جا چکا ہے کہ پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر (Platinum resistance thermometer) ، گیس تھرمامیٹر (Gas thermometer) اور حرارتی برقی تھرمامیٹر (Thermo-electric thermometer) اونچے ٹمپریچروں کو ناپنے کے لیے کام میں لائے جا سکتے ہیں - مگر ان کے ذریعے زیادہ سے زیادہ 1600°C تک کے ٹمپریچروں کی پیمائش کی جا سکتی ہے - لیکن اگر ہمیں

اس سے بھی بہت اونچے ٹمپریچر مثلاً 3000°C یا 4000°C کی پیمائشیں کرنی ہوں تو یہ تمام تھرمامیٹر اس کام کے لیے بے کار ہو جاتے ہیں ، کیونکہ جن دھاتوں کو ان کی ساخت میں استعمال کیا جاتا ہے وہ سب کی سب اتنے اونچے ٹمپریچروں پر پگھل کر مائع بن جاتی ہیں ۔ اتنے اونچے ٹمپریچروں کی پیمائش صرف ایسے آلے سے ہو سکتی ہے جو گرم جسم کے ساتھ خود لگنے نہ پائے ، بلکہ دور سے اس کی اشعاعی حرارت جذب کر کے اس کے ٹمپریچر کا صحیح صحیح اندازہ لگا سکے ۔ ایسا آلہ **اشعاعی پائرومیٹر** (Radiation pyrometer) یا **اشعاعی آتش پیما** کہلاتا ہے ۔

اشعاعی پائرومیٹر (Radiation pyrometer) ۔ اشعاعی پائرومیٹر (Radiation pyrometer) کسی جسم کے ٹمپریچر ناپنے کا وہ آلہ ہے جس کو اس جسم کے ٹمپریچر کے ساتھ لگا کر جسم کے ٹمپریچر تک گرم کرنے کی ضرورت نہیں پڑتی ۔ وہ جسم سے کافی فاصلے پر پڑا رہتا ہے اور جسم سے جو حرارتی شعاعیں خارج ہوتی ہیں ، انہیں جذب کرتا ہے جس سے اس کا اپنا ٹمپریچر بڑھتا ہے اور ٹمپریچر کا یہ بڑھاؤ اصل جسم کے اونچے ٹمپریچر کے مقابلے میں کم ہوتا ہے ۔ اس کے بعد بعض کلیوں کی مدد سے پائرومیٹر (Pyrometer) کے کم اونچے ٹمپریچر سے اصل جسم کے زیادہ اونچے ٹمپریچر کا اندازہ لگا لیا جاتا ہے ۔

اشعاعی پائرومیٹر کے فائدے ۔ بہت اونچے ٹمپریچروں کی پیمائش کے لیے اشعاعی پائرومیٹر (Radiation pyrometer) کے فوائد حسب ذیل ہیں ۔

۱ ۔ کسی جسم کا ٹمپریچر ناپنے کے لیے اس آلے کو اس کے ساتھ لگانے کی ضرورت نہیں پڑتی ، اس لیے یہ ایسے جسم کا ٹمپریچر بھی ناپ سکتا ہے جس تک براہ راست رسائی ممکن نہیں ہوتی (مثلاً سورج) ۔

۲ ۔ یہ اونچے سے اونچے ٹمپریچر کو ناپنے کے لیے کام میں لایا جا سکتا ہے اور اس بارے میں ٹمپریچر کی کوئی اوپر کی حد ایسی نہیں ہے جس سے پرے یہ کام نہ دیتا ہو ۔ حقیقت یہ ہے کہ انتہائی اونچے ٹمپریچروں کی پیمائش کے لیے اس کے سوا کوئی اور آلہ نہیں ہے ۔

اشعاعی پائرومیٹر کی خامیاں ۔ اشعاعی پائرومیٹر (Raidation pyrometer) کے مذکورہ فوائد کے مقابلے میں اس میں دو خامیاں بھی پائی جاتی ہیں ۔

۱ ۔ اس آلے میں اوپر کوئی حد نہیں ، مگر نیچے کی ایک حد ضرور ہے جس سے نیچے یہ صحیح کام نہیں دیتا ۔ مثلاً اگر کسی جسم کا ٹمپریچر 700°C سے کم ہو تو اس جسم سے خارج ہونے والی اشعاعی حرارت کی مقدار کم ہوتی ہے جس کے باعث اشعاعی پائرومیٹر صحیح طور پر کام نہیں کر سکتا ۔ مگر غور سے دیکھا جائے تو یہ کوئی خاص خامی نہیں ہے کیونکہ ایسے ٹمپریچروں کی پیمائش کے لیے دوسرے تھرمامیٹر اچھے سے اچھے موجود ہوتے ہیں ۔

۲ ۔ اشعاعی پائرومیٹر جن قوانین پر مبنی ہوتے ہیں وہ سیاہ جسم (Black body) پر راست آتے ہیں اور اس لیے اس پائرومیٹر کے مشاہدات سے جب حساب لگا کر جسم کا ٹمپریچر نکالا جاتا ہے تو وہ ایسا ٹمپریچر ہوتا ہے جو اس حالت میں سیاہ جسم کا ہو سکتا ہے ، لیکن اگر دیا ہوا 'جسم' سیاہ جسم نہ ہو بلکہ سفید یا چمک دار جسم ہو تو اس حساب سے جو ٹمپریچر نکلتا ہے وہ اس جسم کے ٹمپریچر سے کم ہوتا ہے ۔

اشعاعی پائرو میٹر کی قسمیں ۔ اشعاعی پائرومیٹروں کی مندرجہ ذیل دو قسمیں ہیں :

۱ ۔ **کامل اشعاعی پائرو میٹر** (Total radiation pyrometer)-
یہ پائرومیٹر سٹیفن کے قانون $E=\sigma(T^4-T_0)$ پر مبنی ہے ۔ اس میں دیے ہوئے جسم سے فی سیکنڈ فی اکائی رقبہ خارج شدہ اشعاعی توانائی (Radiant energy) E کو ناپا جاتا اور پھر T_0 اور σ کی معلوم قیمتوں سے جسم کا مطلوبہ ٹمپریچر T نکال لیا جاتا ہے ۔

۲ ۔ **ضیائی پائرومیٹر** (Optical pyrometer) ۔ اس پائرومیٹر میں وئین کے قانون (Wein's law)

$$E_\lambda = C_1 \lambda^{-5} e^{\frac{-C_2}{\lambda T}}$$

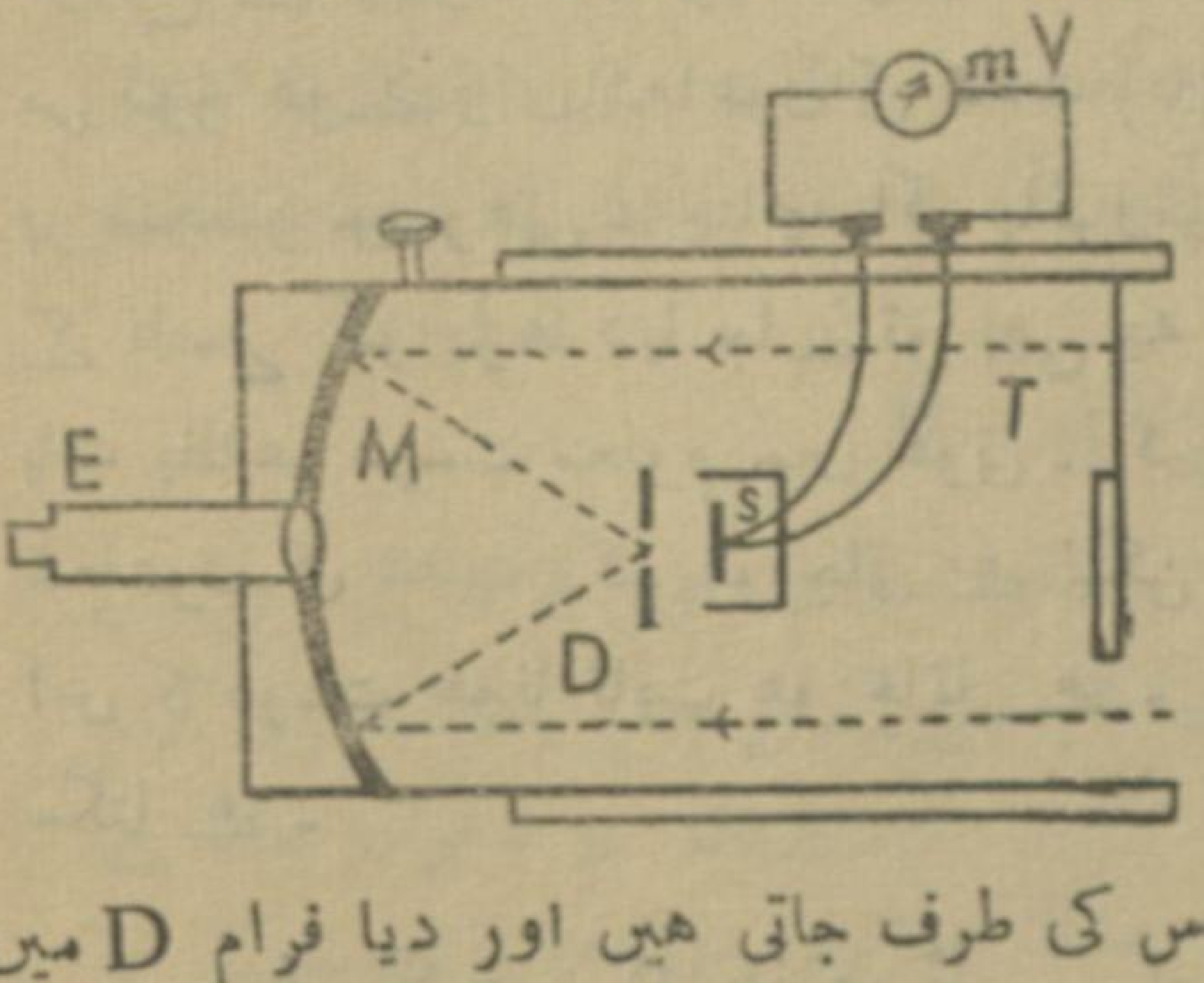
کا عملی اطلاق کیا جاتا ہے اور یہ اس اصول پر مبنی ہے کہ کسی گرم جسم کی تاباں (Incandenscent) سطح کی چمک کا دار و مدار اس جسم کے ٹمپریچر پر ہوتا ہے۔ چونکہ اس پائرومیٹر میں جسم سے خارج شدہ توانائی کا اندازہ ضیائی طریقوں سے (Optically) کیا جاتا ہے، اس لیے اس کو **ضیائی پائرومیٹر** (Optical pyrometer) کا نام دیا گیا ہے۔ اس پائرومیٹر میں دیے ہوئے جسم سے آنے والی شعاعوں کو پہلے ایک فلورائٹ منشور (Flourite prism) میں سے گزار کر ان کا طیف (Spectrum) حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کے بعد اس طیف میں ایک خاص رینج (Range) کے طول موج کی شعاعوں کی شدت کا ایک معیاری ماخذ (Standard source) کی اسی طول موج کی شعاعوں کی شدت کے ساتھ مقابلہ کیا جاتا ہے۔ اور اصل جسم یا معیاری ماخذ دونوں میں سے ایک کی شعاعوں کی شدت کو برقرار رکھ کر اور دوسرے کی شعاعوں کی شدت میں تبدیلی پیدا کر کے یکساں چمک کی حالت پیدا کی جاتی ہے۔ چونکہ معیاری ماخذ کا ٹمپریچر معلوم ہوتا ہے، اس لیے وئین کے قانون کے اطلاق سے دیے ہوئے جسم کا ٹمپریچر معلوم کر لیا جاتا ہے۔ اس کی مزید تفصیل آگے آئے گی۔

ضیائی پائرومیٹر کی دو قسمیں۔ اوپر بتایا گیا ہے کہ ضیائی پائرومیٹر میں اصل جسم یا معیاری ماخذ دونوں میں سے ایک کی شعاعوں کی شدت کو برقرار رکھ کر اور دوسرے کی شعاعوں کی شدت کو تبدیل کر کے یکساں چمک کی حالت پیدا کی جاتی ہے۔ اس سے دو قسم کے ضیائی پائرومیٹر حاصل ہوتے ہیں۔ پہلی قسم کے پائرومیٹر میں اصل جسم کی شعاعوں کی شدت کو برقرار رکھا جاتا ہے اور معیاری ماخذ (Standard source) کی شعاعوں کی شدت کو تبدیل کیا جاتا ہے یہاں تک کہ ان دونوں سے پیدا شدہ چمک برابر ہو جاتی ہے۔ اسے **غائب ہونے والے فلامنٹ کا پائرومیٹر** (Disappearing filament pyro-meter) کہتے ہیں۔

دوسری قسم کے پائرومیٹر میں معیاری ماخذ کی شعاعوں کی شدت کو برقرار رکھا جاتا ہے اور اصل جسم کی شعاعوں کی شدت کو تبدیل کر کے دونوں کی پیدا شدہ چمک کو برابر کر لیا جاتا ہے - اسے **تقطیبی پائرومیٹر** (Polarising pyrometer) کا نام دیا جاتا ہے -

اب ہم پہلی قسم کے کامل شعاعی پائرومیٹروں میں سے فیری کے کامل اشعاعی پائرومیٹر (Fery's total radiation pyrometer) اور دوسری قسم کے ضیائی پائرومیٹروں میں سے غائب ہونے والی فلامنٹ کے ضیائی پائرومیٹر (Disappearing filament optical pyrometer) کی ساخت اور عمل کی تفصیل پیش کرتے ہیں -

فیری کا کامل اشعاعی پائرومیٹر - یہ پائرومیٹر ایک سائنس دان فیری (Fery) نے 1900ء میں بنایا تھا، اس لیے یہ فیری کا کامل اشعاعی پائرومیٹر (Fery's total radiation pyrometer) کہلاتا ہے - اس میں M دھات کا ایک مقعر آئینہ (Concave mirror) ہے جس کے وسطی حصے میں ایک چھوٹا سا چشمہ E (Eye piece) اندر جھانکنے کے لیے لگا ہوا ہے - مقعر آئینے کے فوکس (Focus) یعنی نقطۂ ماسکہ پر دھات کا ایک چھوٹا سا پترہ S موجود ہے اور اس کے ساتھ ایک دیافرام D (Diaphragm) بھی لگا ہوا ہے - اصل جسم سے جو شعاعیں آتی ہیں، وہ مقعر آئینے (Concave mirror) سے پلٹ کر اس کے فوکس کی طرف جاتی ہیں اور دیا فرام D میں سے گزر کر پترے S کی سامنے کی سطح پر پڑتی ہیں جو سیاہ کی ہوئی ہوتی ہے - یہ پترہ S سامنے کے حصے کے سوا باقی تمام اطراف سے ایک بکس میں گھرا ہوتا ہے - اس کا فائدہ یہ ہے کہ اصل جسم سے جو شعاعیں مقعر آئینے کی طرف آتی ہیں وہ براہ راست پترے S پر نہیں پڑ



سکتیں - پترے S پر صرف وهی شعاعیں پہنچتی هیں جو مقعر آئینے کی سطح سے پلٹ کر اس کے فوکس (Focus) کی طرف واپس جاتی هیں - پترے S کے پیچھے کی سطح کے ساتھ ایک تھرمو کپل (Thermo-couple) کا ایک جوڑ پیوست هوتا ہے اور دوسرا جوڑ B کے مقام پر هوتا ہے- تھرمو کپل کے سرکٹ (Circuit) میں بیرونی طرف ایک ملی وولٹ میٹر (Milli-volt meter) (V) لگا ہے- تھرمو کپل کے دوسرے جوڑ B کو اصل جسم سے آنے والی شعاعوں سے بچانے کے لیے اس کے پاس ایک سکرین بھی موجود هوتی ہے - مقعر آئینہ جس نلی میں لگا ہے اس میں اس آئینے کو آگے پیچھے کرنے کا بھی انتظام ہے تاکہ منعکس شعاعوں کو پترے پر فوکس کیا جا سکے - تجربے کی کامیابی کے لیے ان شعاعوں کا عین پترے پر مرکوز هونا ضروری شرط ہے - علاوہ ازیں دیا فرام (Diaphragm) D کے سوراخ کو اتنا تنگ هونا چاهیے کہ مقعر آئینے سے حرارتی شعاعوں کے منعکس هونے کے بعد ان کا جو حرارتی عکس (Heat image) بنتا ہے وہ دیا فرام D کے سوراخ کو پوری طرح ڈھانپ لے اور اس وجہ سے وہ اس سوراخ سے رقبے میں بڑا هو ، سوراخ سے چھوٹا نہ هو - اس کا فائدہ یہ هوتا ہے کہ پترے S پر مرکوز هونے والی شعاعوں کی شدت (Intensity) گرم جسم کے فاصلے پر منحصر نہیں رهتی - چنانچہ اگر پائرومیٹر (Pyrometer) سے گرم جسم کے فاصلے کو بڑھا دیا جائے تو بھی یہ شدت اتنی هی رهتی ہے - یہ بات بظاهر درست معلوم نہیں هوتی - کیونکہ فاصلے کے بڑھنے سے حرارتی شعاعوں کی شدت کم هو جاتی ہے لیکن زیادہ غور سے دیکھا جائے تو اس کا درست هونا ثابت هو جاتا ہے - یہ نکتہ ایک مثال سے واضح هو سکتا ہے -

فرض کیجیے کہ پائرومیٹر سے اصل جسم کے فاصلے کو پہلے سے دگنا کر دیا جاتا ہے - اس صورت میں معکوس مربعوں کے قانون (Law of inverse square) کے مطابق پائرومیٹر پر حرارتی شعاعوں کی شدت $\frac{1}{4}$ رہ جاتی ہے - مگر ساتھ هی مقعر آئینے کے ذریعے جو حرارتی عکس دیا فرام کے سوراخ پر بنتا ہے اس کا رقبہ بھی پہلے کی نسبت $\frac{1}{4}$ رہ

جاتا ہے - اس کا مطلب یہ ہے کہ پہلی صورت میں اس سوراخ میں سے جتنی شعاعیں گزر رہی تھیں اب آن سے 4 گنا زیادہ گزرنے لگتی ہیں - جس کا نتیجہ یہ ہے کہ پترے S پر مرکوز ہونے والی شعاعوں کی شدت بدستور پہلے جتنی رہتی ہے اور پائرومیٹر سے اصل جسم کے فاصلے کو بڑھانے یا گھٹانے سے اُس شدت پر کچھ اثر پڑتا -

تجربہ کرنے کے لیے گرم جسم سے آنے والی حرارتی شعاعوں کو پترے S پر مرکوز ہونے دیا جاتا ہے - یہ پترہ اپنی سیاہ سطح کے باعث ان شعاعوں کو جذب کرتا ہے اور اس کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ہے جس کے ساتھ ہی تھرمو کپل (Thermo-couple) کے اس جوڑ کا ٹمپریچر بھی اتنا ہی اونچا ہو جاتا ہے اور تھرمو کپل کے ملی وولٹ میٹر میں انصراف (Deflection) V پیدا ہو جاتا ہے جو وصول ہونے والی حرارتی توانائی کے متناسب ہوتا ہے - اس لیے سٹیفن کے قانون کے مطابق

$$V=\alpha(T^4-T_0^4)$$

جب کہ گرم جسم کا ٹمپریچر T ، پترے S کا ٹمپریچر T_0 ہے اور α ایک مستقل ہے جو سٹیفن کے مستقل سے الگ ایک مستقل ہے -

اصل تجربے میں بعض حالات کے ماتحت سٹیفن کے قانون کا اطلاق پورےطور پر نہیں ہوتا ، اس لیے اوپر کی مساوات ذیل کی صورت اختیار کر لیتی ہے -

$$V=\alpha(T^x-T_0^x)$$

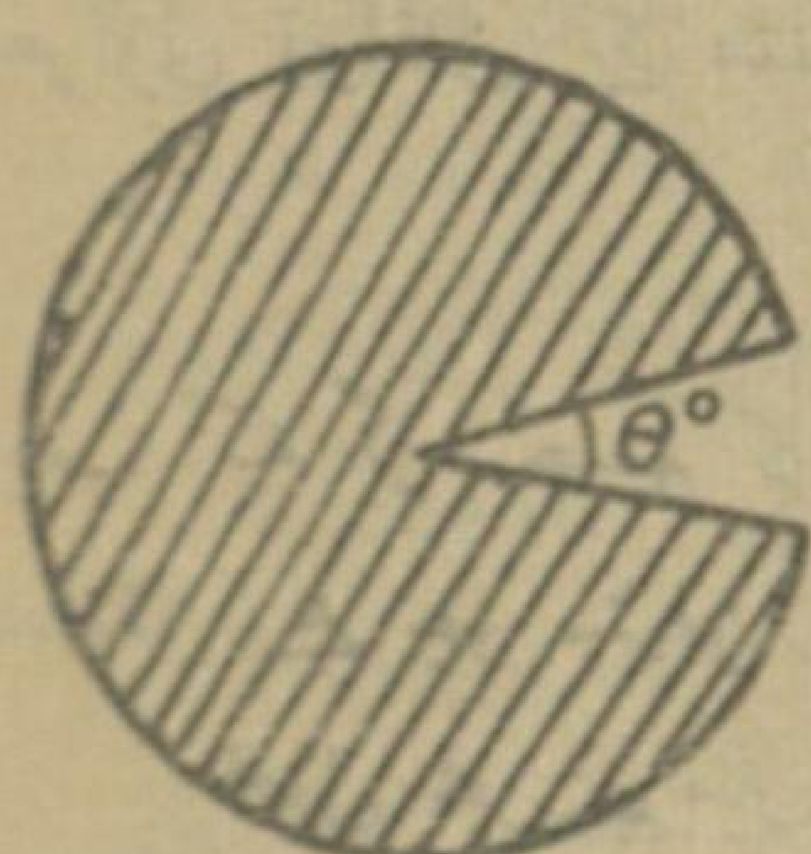
جب کہ حالات کے مطابق x کی قیمت 3·8 اور 4·2 کے درمیان کوئی سی ہو سکتی ہے - اس آلے سے کام لینے کےلیے پہلے ایک معیاری گرم جسم کے ساتھ اوپر کے تجربے کو مختلف ٹمپریچروں پر دہرایا جاتا ہے اور یہ ٹمپریچر کسی اور تھرمامیٹر مثلاً پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر یا تھرمو الیکٹرک تھرمامیٹر سے دریافت کر لیے جاتے ہیں - اس ابتدائی تجربے سے x اور α کی قیمتیں معلوم ہو جاتی ہیں - اس کے بعد دیے ہوئے گرم جسم سے اصل تجربہ کیا جاتا ہے - اور چونکہ مساوات

$$V=\alpha(T^x-T_0^x)$$

میں α اور x کی قیمتیں پہلے معلوم ہوتی ہیں اس لیے V اور T_0 کو ناپ لینے کے بعد T کی قیمت دریافت کی جا سکتی ہے -

اکثر پائرومیٹروں میں تجربے کر کے ملی وولٹ میٹر کی درجہ بندی ٹمپریچر کے درجوں ہی میں کی ہوتی ہے - اس لیے ایسے پائرومیٹر میں ملی وولٹ میٹر کے انصراف کے مقابل کا درجہ پڑھ لینے سے مطلوبہ ٹمپریچر براہ راست معلوم ہو جاتا ہے -

پائرومیٹر کی اونچی حد بڑھانے کے لیے سیکٹر (Sector) کا استعمال - اگر کسی پائرومیٹر سے ٹمپریچر ناپنے کی اونچی حد مثال کے طور پر 1500°T ہو اور ہمیں اس کے ذریعے 3000°T یا 4000°T کا ٹمپریچر ناپنا ہو تو یہ کام ایک سیکٹر (Sector) کی مدد سے کیا جا سکتا ہے - یہ سیکٹر ایک غیر شفاف گول پلیٹ کی صورت میں ہوتا ہے جس میں سے θ زاویے کا ایک سیکٹر (Sector) کٹا ہوا ہوتا ہے - اس کو اصل جسم سے آنے والی شعاعوں کی راہ میں پائرومیٹر کے آگے اس کے محور کی سیدھ میں رکھ کر گھمایا جاتا ہے جس کا نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ حرارتی شعاعوں کا صرف ایک حصہ ہی پائرومیٹر تک پہنچتا ہے- چنانچہ



اس صورت میں اگر پیمائش کردہ ٹمپریچر T_1 اور اصل ٹمپریچر T ہو تو سٹیفن کے قانون (Stefan's law) کے مطابق

$$\frac{T_1^4}{T^4} = \frac{\theta}{360}$$

$$\therefore \quad T = \left(\frac{360}{\theta}\right)^{\frac{1}{4}} \times T_1$$

اس طرح T_1 کی پیمائش کر کے T کی قیمت جو اس سے اونچی ہوتی ہے، معلوم کی جا سکتی ہے -

نوٹ - سیکٹر کے مذکورہ استعمال کی مزید تشریح ایک مثال سے کی جاتی ہے -

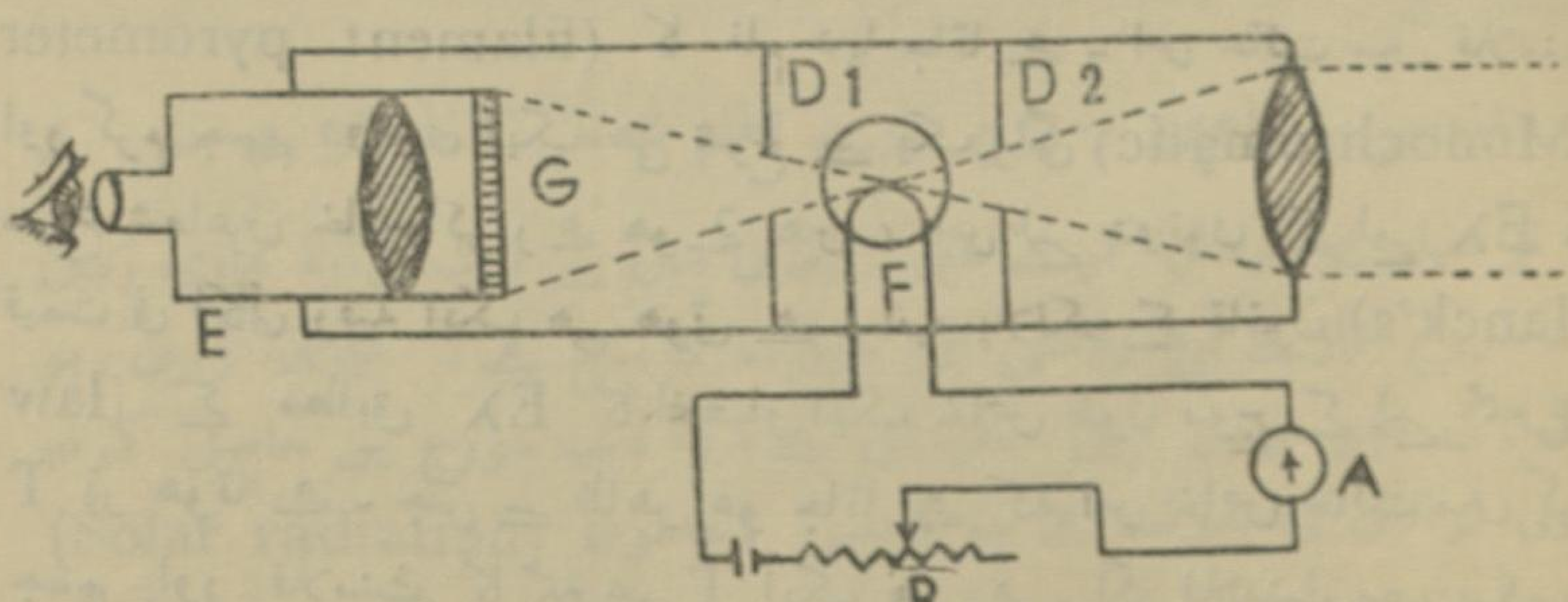
فرض کیجیے کہ سیکٹر (Sector) کے زاویے θ کی قیمت $22{\cdot}5^\circ$ ہے اور پیائش کردہ ٹمپریچر T_1 کی قیمت $1600^\circ K$ جو پائرومیٹر کی اونچی حد کے قریب ہے - تب

$$T=\left(\frac{360}{22{\cdot}5}\right)^{\frac{1}{4}}\times1600=(16)^{\frac{1}{4}}\times1600$$

$$=2\times1600=3200^\circ K$$

اس سے ظاہر ہے کہ سیکٹر کے استعمال سے پائرومیٹر کی اونچی حد دگنی ہو گئی ہے - یہی اس کا خاص فائدہ ہے -

غائب ہونے والی فلامنٹ کا ضیائی پائرومیٹر (Disappearing filament optical pyrometer) - یہ پائرومیٹر ایک دوربین کی صورت میں ہوتا ہے جس میں چشمہ (Eye piece) اور منظری عدسہ (Object lens) تو اپنی اپنی جگہ میں لگے ہوتے ہیں لیکن درمیان میں کراس تار (Cross wire) کی جگہ بجلی کے ایک لیمپ کی فلامنٹ F (Filament) موجود ہوتی ہے - اسے دو وولٹ کی ایک بیٹری سے روشن کیا جاتا ہے اور بیٹری کے سوکٹ (Circuit) میں فلامنٹ کے ٹمپریچر کو حسب ضرورت کم یا زیادہ کرنے کے لیے ایک ریوسٹیٹ (Rheostat) داخل کیا ہوتا ہے - علاوہ ازیں سوکٹ میں برق رو



کی پیائش کرنے کے لیے ایک ایم میٹر (Ammeter) بھی لگا ہوتا ہے - فلامنٹ کے دونوں طرف دو ڈایافرام (Diaphragm) D_1 اور D_2 موجود ہوتے ہیں - جب لیمپ میں برق‌رو گزارنے کے بعد چشمے (Eye piece)

میں سے اندر جھانکا جاتا ہے تو فلامنٹ (Filament) کا ایک روشن عکس (Image) آنکھ کو نظر آتا ہے - چونکہ چشمے کے آگے سوخ شیشے کا ایک فلٹر (G) رکھا ہوتا ہے ، اس لیے یہ عکس (Image) سرخ رنگ کا ہوتا ہے - اب دوربین کو گرم جسم کی طرف پھیر دیا جاتا ہے جہاں سے شعاعیں آ رہی ہوتی ہیں اور منظری عدسے (Optical lens) کو آگے پیچھے کر کے ایسی پوزیشن پر لایا جاتا ہے جہاں سے شعاعیں فلامنٹ پر اپنا حرارتی عکس بناتی ہیں - سرخ شیشے G کی موجودگی کے باعث یہ عکس بھی سرخ ہوتا ہے اور چونکہ دونوں عکس ایک ہی جگہ بنتے ہیں ، اس لیے فلامنٹ کا سرخ عکس ایک روشن سرخ پس منظر (Background) پر نمایاں نظر آتا ہے - اگر لیمپ میں سے گزرنے والی برق رو زیادہ تیز ہو تو فلامنٹ کا عکس پس منظر سے زیادہ روشن ہوتا ہے لیکن اگر یہ برق رو زیادہ کمزور ہو تو فلامنٹ کا عکس پس منظر کے مقابلے میں تاریک نظر آتا ہے - برق رو کو ریوسٹیٹ (Rheo-stat) کی مدد سے کم یا زیادہ کر کے ایسی قیمت پر لایا جاتا ہے کہ فلامنٹ کی چوٹی عین پس منظر کے برابر روشن ہو جاتی ہے اور دونوں میں فرق اٹھ جاتا ہے - چونکہ فلامنٹ کی چوٹی پس منظر سے علیحدہ نظر نہیں آتی ، اس لیے کہا جاتا ہے کہ وہ غائب ہو گئی ہے اور اسی وجہ سے اس آلے کو **غائب ہونے والی فلامنٹ کا پائرومیٹر** (Dis-appearing filament pyrometer) کا نام دیا جاتا ہے - اس حالت میں فلامنٹ اور گرم جسم دونوں ایک ہی شرح سے یک رنگی (Monochromatic) سرخ شعاعیں خارج کر رہے ہوتے ہیں ، اس لیے دونوں کے لیے $E\lambda$ کی قیمت فی اکائی رقبہ ایک ہی ہوتی ہے - اب پلانک کے قانون (Planck's law) کے مطابق $E\lambda$ کا انحصار ایک خاص طول موج کے لیے ٹمپریچر T پر ہوتا ہے - جس سے ظاہر ہو جاتا ہے کہ اس خاص حالت میں گرم جسم اور فلامنٹ کا ٹمپریچر T ایک ہی ہے - اگر فلامنٹ میں برق رو I بہہ رہی ہو جس کی قیمت ایم میٹر سے پڑھی جا سکتی ہے تو ثابت کیا جا سکتا ہے کہ

$$I = a + bT + cT^2$$

جب کہ a ، b اور c مستقل ہیں - یہ تینوں مستقل ابتدا میں تین مختلف گرم جسموں کے ساتھ تجربہ کر کے معلوم کیے جا سکتے ہیں جب کہ ان گرم جسموں کے ٹمپریچر معلوم ہوں - اس مقصد کے لیے بالعموم تین مختلف پگھلی ہوئی دھاتوں کو بطور گرم جسموں کے کام میں لایا جاتا ہے جن کے ٹمپریچر معلوم ہوتے ہیں - جب ایک آلے کے لیے ایک بار a ، b اور c کی قیمتیں معلوم ہو جائیں تو اصل تجربے میں دیے ہوئے گرم جسم کا ٹمپریچر معلوم ہو سکتا ہے - اکثر پائرومیٹروں میں مختلف گرم جسموں کے ساتھ تجربے کر کے ایم میٹر کی درجہ بندی ٹمپریچروں ہی میں کی ہوتی ہے جس سے دیے ہوئے گرم جسم کا ٹمپریچر براہ راست پڑھا جا سکتا ہے -

نوٹ - اس پائرومیٹر میں چونکہ گرم جسم کا ٹمپریچر فلامنٹ کے ٹمپریچر کے برابر ہوتا ہے اور فلامنٹ کا ٹمپریچر عملی طور پر 700°C سے کم یا 1500°C سے زیادہ نہیں کیا جا سکتا ہے ، اس لیے اس پائرومیٹر سے معمولی طور پر ایسے جسم کا ٹمپریچر ہی ناپا جا سکتا ہے جس کا ٹمپریچر 700°C اور 1500°C کے درمیان ہو - البتہ سیکٹر (Sector) کے استعمال کے ساتھ جس کی تفصیل پہلے دی جا چکی ہے ، اس پائرومیٹر کی اوپر کی حد کو 1500°C سے 3000°C یا اس سے بھی زاید تک بڑھایا جا سکتا ہے -

شمسی شعاعیں - سورج ہمارے نظام شمسی کا مرکز ہے جس کے گرد نو سیارے گردش کرتے ہیں - انھیں میں سے ایک سیارہ ہماری زمین ہے - سورج ہمارے لیے روشنی اور حرارت کا منبع ہے - ہماری زمین پر زندگی کی جو چہل پہل نظر آتی ہے ، یہ سب سورج سے حاصل کردہ حرارتی توانائی کی بدولت ہے جو شمسی شعاعوں (Solar radiation) کی صورت میں ہم تک پہنچتی ہے - سورج فضا میں اشعاعی توانائی کی ایک عظیم مقدار متواتر خارج کرتا رہتا ہے جس کا ایک نہایت ہی قلیل حصہ زمین کا رخ کیے ہوتا ہے - اس قلیل حصے کی بھی ایک کسر کرہ ہوائی میں رایگاں چلی جاتی ہے جو دن کے وقت اور سال کے موسم

کے مطابق 20 سے 40 فی صد ہوتی ہے ۔ بقایا حوارتی توانائی ہم تک پہنچتی ہے اور خوش قسمتی سے اس کی مقدار ہماری تمام ضرورتوں کے لیے کافی ہوتی ہے ۔

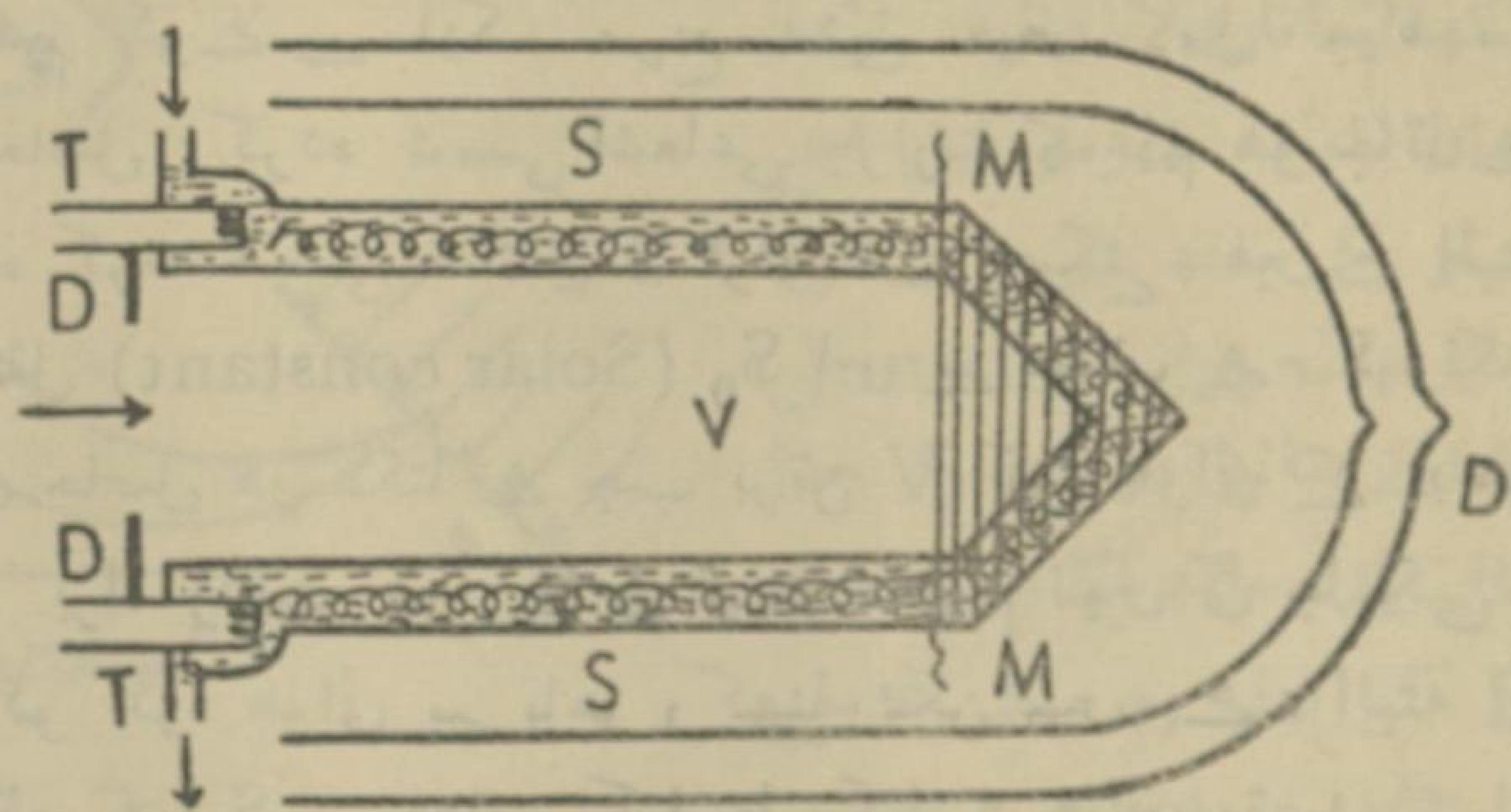
شمسی مستقل (Solar constant) ۔ اگر زمین پر کرہ ہوائی کی فرضی **غیر موجودگی** میں ایک سنٹی میٹر رقبے کی ایک کامل سیاہ سطح سورج سے آنے والی شعاعوں کے عموداً واقع ہو ، اور زمین سورج سے اپنے اوسط فاصلے پر ہو ، تو ایک اوسط شمسی روز (Mean solar day) کی دوپہر کو یہ سطح جتنی اشعاعی حرارت (Radiant heat) فی منٹ حاصل کر رہی ہو گی اسے **شمسی مستقل** (Solar constant) کا نام دیا جاتا ہے ۔

شمسی مستقل کی اہمیت اس امر سے ظاہر ہے کہ اگر اس کی قیمت معلوم کر لی جائے تو اس قیمت سے ہم سو رج کا بیرونی ٹمپریچر معلوم کر سکتے ہیں ۔

شمسی مستقل کو ناپنا ۔ شمسی مستقل (Solar constant) کی قیمت عملی طور پر ناپنے کے لیے جس آلے سے کام لیا جاتا ہے ، اس کو **پائر ہیلیومیٹر** (Pyrheliometer) یا **آتشی شمس پیما** کہتے ہیں ۔ اس کی کئی مختلف قسمیں ہیں جن میں سے دو کا تذکرہ ذیل میں کیا جاتا ہے ۔

آبی بہاؤ پائر ہیلیومیٹر (Water flow pyrheliometer) **یا بی بہاؤ آتشی شمس پیما** ۔ اس میں V دوہری دیوار کا سلنڈر کی شکل کا ایک برتن ہے جو نیچے کی طرف مخروطی شکل کا ہو جاتا ہے ۔ اس کے اندر کی سطح تمام کی تمام سیاہ کی ہوئی ہے ۔ اس کے مخروطی حصے کے اوپر میگنین (Manganin) کے تار کا ایک لچھا (Coil) MM لپٹا ہوا ہے ۔ سلنڈر کی شکل کا یہ برتن جو شمسی شعاعوں کے لیے ایک جذبی خانے (Absorption chamber) کا کام دیتا ہے ، ایک ڈیوار فلاسک (Dewar flask) کے اندر رکھا ہوتا ہے ۔ اس برتن کی دوہری دیواروں کے درمیان پانی کو متواتر بہنے دیا جاتا ہے اور ایک لہریے دار تار S S (Spiral) دیواروں کے اس درمیانی حصے میں رکھا ہوا ہوتا ہے

تاکہ اس کی مدد سے پانی اچھی طرح دیواروں کے ساتھ لگتا رہے - اس برتن کے منہ پر ایک ڈیافرام DD (Diaphragm) بھی موجود ہوتا ہے جو اس کے منہ کی چوڑائی کو مناسب حد تک کم کر دیتا ہے - تجربہ کرنے کے لیے اس برتن کا منہ سورج کی طرف کر دیا جاتا ہے جس پر سورج



کی شعاعیں اس میں داخل ہو جاتی ہیں - برتن کی اندرونی سطح ان شعاعوں کو جذب کر لیتی ہے اور جو حرارت اس طور سے حاصل ہوتی ہے وہ بہتے ہوئے پانی کو منتقل ہو جاتی ہے - ایک خاص وقت تک ان شعاعوں کو اس طور سے داخل کرنے کے بعد اندر داخل ہونے والے پانی کا ٹمپریچر تھرمامیٹر T_1 سے اور باہر نکلنے والے پانی کا ٹمپریچر تھرمامیٹر T_2 سے ناپ لیا جاتا ہے - یہ دونوں پلاٹینم مزاحمتی تھرمامیٹر (Platinum resistance thermometer) ہوتے ہیں -

اب سورج کی شعاعوں کا داخلہ بند کر دیا جاتا ہے اور تازہ پانی کا بہاؤ جاری کرکے مینگنین کے لہرے دار تار میں برق رو گزارنا شروع کر دیا جاتا ہے - اس برق رو (Current) اور اس کے متعلقہ پوٹانشل کے فرق (Potential difference) کو ایسی قیمت پر لایا جاتا ہے کہ اس کی پیدا شدہ حرارت جب بہتے پانی کو منتقل ہوتی ہے تو جہاں تک پانی کے ٹمپریچر کی زیادتی کا تعلق ہے اس بارے میں بعینہ وہی حالت پیدا ہو جاتی ہے جو شمسی شعاعوں کی حرارت کے جذب ہونے سے پیدا ہوئی تھی - اس وقت برق رو کی قیمت I اور پوٹانشل کے فرق کی

قیمت E کی پیمائش کی جاتی ہے - چونکہ مینگنین کا تار $\frac{EI}{J}$ کلوری فی سیکنڈ کی شرح سے حرارت حاصل کرتا ہے اور برتن V کی سورج سے حرارت حاصل کرنے کی شرح بھی یہی ہے، اس لیے یہ شرح برتن V کے لیے بھی معلوم ہو جاتی ہے - اسے 60 سے ضرب دینے اور برتن V کے رقبے پر تقسیم کرنے سے ایک مربع سنٹی میٹر کامل سیاہ سطح کی فی منٹ حاصل کردہ شمسی اشعاعی حرارت کا علم ہو جاتا ہے - اسے ہم مشاہدہ کردہ شمسی مستقل S قرار دے سکتے ہیں - البتہ اصل شمسی مستقل (Solar constant) S_0 اس سے مختلف ہے- کیونکہ وہ اس صورت میں حاصل ہو سکتا ہے جب برتن V کرہ ہوائی کے باہر ہو - تجربے سے براہ راست تو S_0 کی قیمت معلوم نہیں کی جاسکتی کیونکہ برتن V کو کرہ ہوائی سے باہر رکھنا ممکن نہیں ہے، البتہ S_0 کو حساب لگا کر S سے معلوم کیا جا سکتا ہے - اس مقصد کے لئے S کی قیمت مختلف بلندیوں پر ایک ہی دن اور ایک ہی وقت معلوم کی جاتی ہے- تب ثابت کیا جا سکتا ہے کہ

$$S = S_0\, a^{\sec z}$$

جب کہ a انتقال کا معیار (Transmission coefficient) ہے اور Z سورج کی زاویائی بلندی (Angular altitude) ہے - انتقال کے اس معیار (Transmission coefficient) کی قیمت 0·55 اور 0.85 کے درمیان ہوتی ہے -

$$\because \quad S=S_0\, a^{\sec z}$$

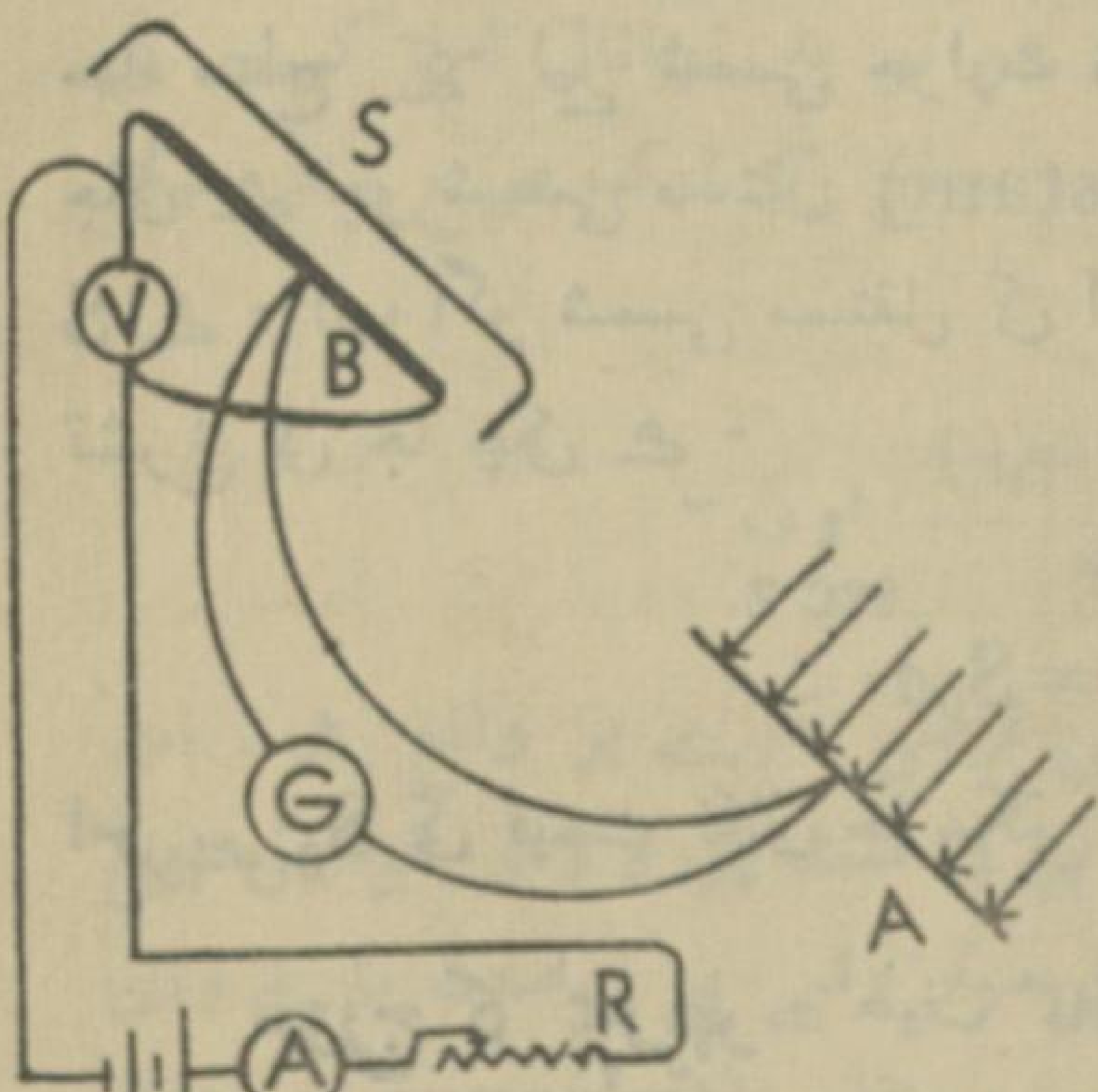
$$\therefore \log S=\log S_0+\text{Sec}\, z \log a$$

اس سے $\log S_0$ کی قیمت زیادہ آسانی سے نکل آتی ہے اور پھر S_0 کو معلوم کیا جا سکتا ہے -

آنگ سٹرام کا پائرھیلیو میٹر(Angstrom's pyrheliometter)

آنگ سٹرام کا آتشی شمس پیما - یہ آلہ پلاٹینم یا مینگنین (Manganin) کے دو بالکل ایک سے پتروں A اور B پر مشتمل

ہوتا ہے جو اوپر سے سیاہ کیے ہوئے ہوتے ہیں - انہیں ایک مناسب فریم میں نصب کیا ہوا ہوتا ہے - ان میں سے پترے A پر سورج کی



شعاعوں کو عموداً پڑنے دیا جاتا ہے، لیکن پترے B کو ایک سکرین کے ذریعے ان شعاعوں سے بالکل محفوظ رکھا جاتا ہے- دونوں پتروں کے درمیان ایک تھرمو کپل اپنے گیلوانومیٹر کے ساتھ موجود ہوتا ہے جس کا ایک جوڑ (Junction) پترے A کے ساتھ اور دوسرا جوڑ پترے B کے ساتھ لگا ہوتا ہے - پترے B کو برق رو کے ذریعے گرم کرنے کا بھی انتظام ہوتا ہے - سب سے پہلے سورج کی شعاعوں کو پترے A پر پڑنے دیا جاتا ہے جو ان شعاعوں کو جذب کر لیتا ہے اور اس کا ٹمپریچر بڑھ جاتا ہے - اس سے تھرمو کپل کا وہ جوڑ جو اس پترے کے ساتھ لگا ہوتا ہے، گرم ہو جاتا ہے اور اس کے سرکٹ میں برق رو چلنے لگتی ہے جس سے اس کے گیلوانومیٹر میں انصراف (Deflection) پیدا ہو جاتا ہے - اس وقت دوسرے پترے B میں بیٹری سے برق رو چلا دی جاتی ہے اور اس برق رو کو ایسی قیمت پر لایا جاتا ہے کہ اس پترے کا ٹمپریچر بھی پہلے جتنا ہو جاتا ہے - اور گیلوانومیٹر کا انصراف باقی نہیں رہتا - دوسرے لفظوں میں یہ انصراف صفر ہو جاتا ہے۔ اس حالت میں پہلا پترہ A جس شرح سے حرارت سورج کی شعاعوں سے حاصل کرتا ہے اسی شرح سے دوسرا پترا برق رو سے حرارت حاصل کرتا ہے - اب اگر اس دوسرے پترے میں چلنے والی برق رو I ہو اور اس کے آر پار پوٹانشل (Potential) کا فرق E ہو تو برق رو سے اس پترے کے حرارت حاصل کرنے کی شرح $\frac{EI}{J}$ کلوری فی سیکنڈ ہوتی ہے اور یہی شرح پترے A کے شمسی حرارت حاصل کرنے کی ہے جس کی

پیمائش اس طور سے ہوجاتی ہے - اس شرح کو 60 کے ساتھ ضرب دینے اور پترے A کے رقبے پر تقسیم کرنے سے ایک مربع سنٹی میٹر کامل سیاہ سطح کے لیے شمسی حرارت جذب کرنے کی شرح فی منٹ معلوم ہو جاتی ہے جو شمسی مستقل (Solar constant) کی مشاہدہ کردہ قیمت S ہے - اب اگر شمسی مستقل کی اصلی قیمت S_0 ہو تو جیسا کہ پہلے تشریح کی جا چکی ہے -

$$S = S_0 a^{\sec z}$$

اس سے S_0 کی قیمت نکالی جا سکتی ہے -

سورج کا ٹمپریچر - طیف نمائی یعنی سپیکٹرو سکوپی (Spectro scopic) مشاہدات سے پتہ چلتا ہے کہ سورج کا ایک اندرونی مرکزی حصہ ہے - جس کا ٹمپریچر بے حد زیادہ ہے اور 20000000°K کی حد تک پہنچ جاتا ہے - اس کے باہر سورج کی روشن ٹکیہ ہے جو ہماری آنکھوں کو نظر آتی ہے اور جسے ہم عرف عام میں سورج کہتے ہیں - سائنس‌دان اسے ضیائی کرے یعنی **فوٹو سفیئر** (Photo sphere) کا نام دیتے ہیں - جب ہم سورج کے ٹمپریچر کا ذکر کرتے ہیں تو ہماری مراد اسی حصے یعنی فوٹو سفیئر (Photo-sphere) کے ٹمپریچر سے ہوتی ہے - سورج کا یہ ٹمپریچر مندرجہ ذیل طریقے سے نکالا جا سکتا ہے -

فرض کیجیے کہ E وہ اشعاعی توانائی (Radiant energy) ہے جو سورج کی ایک مربع سنٹی میٹر سطح سے فی سکینڈ خارج ہوتی ہے - تب اگر سورج کا نصف قطر a ہو تو چونکہ سورج کی بیرونی سطح $4\pi a^2$ ہوگی، اس لیے سورج کی پوری سطح سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی اشعاعی توانائی

$$= 4\pi a^2 \times E$$

اور فی منٹ خارج ہونے والی یہی توانائی

$$= 4\pi a^2 \times E \times 60$$

اگر سورج سے زمین کا فاصلہ b ہو جو دوسرے لفظوں میں سورج کے گرد زمین کے مدار کا نصف قطر ہے اور ہم ایک ایسے فرضی کرے کو خیال میں لائیں جس کا نصف قطر b ہو تو یہ توانائی اس کرے کی سطح یعنی $4\pi b^2$ پر تقسیم ہو جائے گی اور سطح کے ایک مربع سنٹی میٹر رقبے پر فی منٹ پڑنے والی توانائی

$$\frac{4\pi a^2 \times E \times 60}{4\pi b^2}$$ ہوگی -

چونکہ ہماری زمین کی سطح اسی فرضی کرے پر واقع ہے ، اس لیے زمین کے ایک مربع سنٹی میٹر رقبے پر فی منٹ پڑنے والی توانائی بھی یہی ہوگی - مگر زمین کے ایک مربع سنٹی میٹر رقبے پر فی منٹ پڑنے والی توانائی S کے برابر ہے جب کہ S شمسی مستقل (Solar constant) ہے -

$$\therefore \quad S = \frac{4\pi a^2 \times E \times 60}{4\pi b^2}$$

یا $$E = \left(\frac{b}{a}\right)^2 \times \frac{S}{60}$$

اب سٹیفن کے قانون (Stefan's law) کے مطابق

$$E = \sigma T^4$$

جب کہ T سورج کا ٹمپریچر ہے اور σ سٹیفن کا مستقل (Stefan's constant) ہے -

$$\therefore \quad \sigma T^4 = \left(\frac{b}{a}\right)^2 \times \frac{S}{60}$$

یا $$T^4 = \frac{b^2}{a^2} \times \frac{S}{60} \times \frac{1}{\sigma}$$

$$\therefore \quad T = \left(\frac{b^2}{a^2} \times \frac{S}{60} \times \frac{1}{\sigma}\right)^{\frac{1}{4}}$$

نوٹ - دیگر تجربوں اور مشاہدوں سے معلوم کیا جا چکا ہے کہ

(ا) شمسی مستقل S کی قیمت 1.937 کلوریاں فی مربع سنٹی میٹر فی منٹ ہے -

(ب) سٹیفن کے مستقل σ کی قیمت $1{\cdot}37 \times 10^{-12}$ کلوریاں فی مربع سنٹی میٹر فی سیکنڈ ہے -

(ج) سورج کے نصف قطر a کی قیمت $4{\cdot}3 \times 10^{7}$ میل ہے -

(د) زمین کے مدار کے نصف قطر b کی قیمت $9{\cdot}28 \times 10^{7}$ میل ہے -

ان قیمتوں کو اوپر کی مثال میں شامل کرنے سے

$$T=\left[\left(\frac{9.28 \times 10^{7}}{4{\cdot}3 \times 10^{5}}\right)^{2} \times \frac{1{\cdot}937}{60} \times \frac{1}{1{\cdot}37 \times 10^{-12}}\right]^{\frac{1}{4}}$$

$$= \quad 5780^{\circ}K$$

پس سورج کا ٹمپریچر قریباً 6 ہزار ڈگری K ہے -

وئین کے قانون سے سورج کا ٹمپریچر معلوم کرنا - وئین کے قانون (Wein's law) کے مطابق

$$\lambda_{m}\, T = \text{ایک مستقل} = 0{\cdot}293$$

ایک سائنس دان ایبٹ (Abbot) نے اپنی تحقیقات سے معلوم کیا ہے کہ سورج کے لیے λ_m کی قیمت 4753 آنگسٹرام یونٹ (A.U.) یعنی دوسرے لفظوں میں 4753×10^{-8} سنٹی میٹر ہے -

$$\therefore \quad 4763 \times 10^{-8} \times T = 0{\cdot}293$$

$$\text{یا} \quad T = \frac{\cdot 293}{4763 \times 10^{-8}}$$

$$=6060^{\circ}K$$

پس اس طریقے سے بھی سورج کا ٹمپریچر قریباً 6 ہزار درجے نکلتا ہے -

ستاروں کا ٹمپریچر - ستارے اور سورج ایک ھی خاندان سے تعلق رکھتے ھیں کیونکہ سورج بھی ایک ستارہ ھی ہے - البتہ سورج اور دیگر ستاروں میں یہ فرق ہے کہ سورج ھم سے دوسرے ستاروں کے

مقابلے میں نسبتاً قریب ہے اور یہ ستارے سورج کے مقابلے میں ہم سے بے حد دور ہیں - ستاروں کی اس دوری ہی کا نتیجہ ہے کہ وہ ہمیں بے حد چھوٹے اور روشنی کے نقطے سے نظر آتے ہیں حالانکہ ان میں بہت سے سورج سے بھی بہت زیادہ بڑے ہیں - کسی ستارے کے ٹمپریچر کا اندازہ کرنے کا اصول وہی ہے جو سورج کا ٹمپریچر معلوم کرنے کا ہے مگر چونکہ ستارے کا قطر اکثر حالتوں میں معلوم نہیں ہوتا ، اس لیے سٹیفن کا قانون (Stefan's law) اس بارے میں ہماری رہنمائی نہیں کر سکتا - البتہ وئین کے قانون (Wein's law) سے ایک ستارے کے ٹمپریچر کا اندازہ کرنے میں مدد لی جا سکتی ہے - اس مقصد کے لیے اس کے اخراجی طیف (Emission spectrum) کا مطالعہ کیا جاتا ہے اور اس طیف میں سب سے نمایاں طول موج λ_m معلوم کی جاتی ہے اور پھر وئین کے قانون

$$\lambda_m T = \text{ایک مستقل}$$

کے اطلاق سے ستارے کا ٹمپریچر معلوم کیا جاتا ہے - اس مساوات سے ظاہر ہے کہ جس ستارے کے طیف میں نمایاں طول موج سرخ ہو تو چونکہ یہ طول موج زیادہ بڑی ہوتی ہے ، اس لیے ایسے ستارے کا (جو ظاہری آنکھوں کو سرخ سا نظر آتا ہے) ٹمپریچر نسبتاً کم ہوتا ہے (تجربے سے یہ ٹمپریچر 2800°K کے لگ بھگ نکلتا ہے) -

جس ستارے کے طیف میں نمایاں طول موج اس سے چھوٹی یعنی زرد رنگ کی ہوتی ہے وہ ظاہری آنکھوں کو زرد سا دکھائی دیتا ہے اور اس کا ٹمپریچر 2800°K سے بہت زیادہ ہوتا ہے - جس ستارے کے طیف میں نمایاں طول موج اس سے بھی بہت چھوٹی یعنی نیلگوں ہو وہ ظاہری آنکھوں کو نیلگوں سفید نظر آتا ہے اور اس کا ٹمپریچر بے حد زیادہ یعنی 30000°K کی حد تک پہنچا ہوا ہوتا ہے -

سیاروں کے ٹمپریچر - ہماری نظام شمسی میں کل نو سیارے ہیں جو سورج کے گرد گھومتے ہیں - ہمارے زمین ان میں سے ایک سیارہ ہے - جہاں تک ان سیاروں کے ٹمپریچر کا تعلق ہے صرف ہماری زمین ہی ایسی

ہے جس پر کا ٹمپریچر معتدل ہے اور زندگی کے لیے سازگار ہے ورنہ دیگر تمام سیاروں کے ٹمپریچر یا تو بے حد سرد ہیں یا بے حد گرم ہیں جس کے باعث ان پر زندگی کے آثار بظاہر ناپید ہیں۔ مثلاً مشتری (Jupitor)، زحل (Saturn)، نیپچیون (Neptune) اور یورے نس (Uranus) کا ٹمپریچر بے حد سرد اور 150°C– کے لگ بھگ ہے۔ پلوٹو (Pluto) کا ٹمپریچر (جو نظام شمسی کا آخری سیارہ ہے) اس سے بھی زیادہ نیچا ہے۔ عطارد (Mercury) اپنا ایک رخ ہمیشہ سورج کی جانب رکھتا ہے اور اس حصے کا ٹمپریچر بہت زیادہ یعنی 350°C تک پہنچ جاتا ہے۔ مگر اس کا دوسرا رخ تاریک اور سرد ہوتا ہے۔ مختصر یہ ہے کہ زمین کے سوا باقی سیاروں کے ٹمپریچر اکثر صورتوں میں بے حد سرد اور بعض حالتوں میں بہت گرم ہیں جس کے باعث ان پر حیوانی اور نباتاتی زندگی کا امکان نہیں ہے۔

سورج کی توانائی کا منبع کیا ہے۔ سورج حرارتی توانائی کا ایک لازوال خزانہ ہے۔ وہ توانائی کی ایک انتہائی کثیر مقدار کو جو $3{\cdot}8 \times 10^{33}$ ارگ فی سیکنڈ کے لگ بھگ ہے، ہر لمحہ فضا میں خارج کرتا ہے اور یہ سلسلہ اربوں کھربوں سال سے مسلسل طور پر جاری ہے۔ مگر اس کے باوجود توانائی کے اس خزانے میں کمی کے کچھ آثار دکھائی نہیں دیتے۔ اس حالت میں سوال پیدا ہوتا ہے کہ سورج کی اس توانائی کا منبع کیا ہے۔ جب تک ایٹمی توانائی (Atomic energy) کا راز جسے زیادہ صحیح طور پر **نکلیئر توانائی** (Nuclear Energy) کہنا چاہیے، سائنس دانوں پر نہیں کھلا تھا انہیں سورج کی توانائی کی توجیہ کرنے میں بڑی مشکل پیش آتی تھی، لیکن اب یہ عقدہ حل ہو گیا ہے۔

سورج کی توانائی کی نوعیت نکلیئر (Nuclear) ہے۔ جیسا کہ جدید طبیعیات سے آج کل ثابت ہو چکا ہے نکلیئر توانائی (Nuclear energy) دو مختلف عملوں سے حاصل ہوتی ہے جن کو **انشقاق یا فشن** (Fission) اور **گداخت یا فیوژن** (Fusion) کہتے ہیں۔ فشن کے عمل

میں ایک عنصر کا نکلیئس (Nucleus) یا مرکزیہ دو ٹکڑے ہو کر دو نکلیئوں یا مرکزیوں میں تقسیم ہو جاتا ہے ۔ فیوژن کا عمل اس سے آلٹ ہے کیونکہ اس میں دو نکلیئس یا مرکزیے باہم مل کر ایک نکلیئس (Nucleus) بناتے ہیں ۔ مگر یہ ملاپ صرف لاکھوں درجے کے ٹمپریچر پر ہی ہو سکتا ہے ۔ ان دونوں عملوں یعنی فشن (Fission) اور فیوژن (Fusion) کے دوران میں مادے کا کچھ حصہ فنا ہو کر توانائی میں تبدیل ہو جاتا ہے اور یہ تبدیلی آئن سٹائن (Eiensten) کی مساوات

$$E=mC^2$$

کے مطابق ہوتی ہے جب کہ m مادے کی وہ مقدار (گرام میں) ہے جو فنا ہوتی ہے ۔ C روشنی کی رفتار (سنٹی میٹر فی سیکنڈ میں) ہے اور E وہ توانائی (ارگ میں) ہے جو اس مادے کے فنا ہونے سے پیدا ہوتی ہے ۔

سورج کے مرکزی حصے میں چونکہ ٹمپریچر کروڑوں درجے تک پنچا ہوا ہوتا ہے ، اس لیے وہاں فیوژن کا عمل عام ہوتا رہتا ہے ۔ چنانچہ ایک، نظریے کے مطابق یہاں ہائیڈروجن کے چار مرکزیے یعنی نکلیئس باہم فیوژن کر کے ہیلئیم کا ایک مرکزیہ یعنی نکلیئس بناتے ہیں اور اس عمل میں مادے کی ایک مقدار فنا ہو کر توانائی کی صورت میں تبدیل ہوتی ہے ۔ سورج کے مرکز میں فیوژن کے بعض اور عمل بھی یہاں ہوتے ہیں اور فشن کے عملوں کا ہونا بھی بعید از قیاس نہیں ۔ ان تمام عملوں کا نتیجہ یہ ہے کہ سورج سے توانائی کی ایک انتہائی کثیر مقدار پیدا ہو ہو کر مسلسل خارج ہوتی رہتی ہے ۔ یہ سلسلہ قریباً 3 بلین (Billion) سالوں یعنی 30 کھرب سالوں سے جاری ہے اور خیال ہے کہ مزید 600 کھرب سالوں تک اسی طور سے جاری رہے گا ۔

اشعاع حرارت کے عملی اطلاق کی بعض مثالیں ۔ اس باب کے خاتمے پر ہم روزمرہ زندگی میں سے اشعاع حرارت کے عملی اطلاق کی بعض مثالیں پیش کرتے ہیں ۔

۱ - گرمیوں کے موسم میں ہم سفید کپڑوں کو ترجیح دیتے ہیں کیونکہ سیاہ اور رنگ دار کپڑوں کے مقابلے میں سفید کپڑے حرارت کو کم جذب کرتے ہیں -

۲ - آگ بجھانے والے عملے کے افراد دھات کی ایسی ٹوپیاں پہنتے ہیں جن کی بیرونی سطح بہت چمک دار ہوتی ہے اور جن کے اندر کارک کا استر لگا ہوتا ہے - اپنی چمک دار سطح کے باعث وہ حرارتی شعاعوں کو جو آگ وغیرہ سے آتی ہیں، بہت کم جذب کرتی ہے اور اس طرح سر کو ان شعاعوں سے بڑی حد تک محفوظ رکھتی ہے -

۳ - دھات کی چائے دانیاں باہر سے بہت چمک دار بنائی جاتی ہیں اس سے نہ صرف وہ زیادہ خوبصورت نظر آتی ہیں بلکہ ان کی چمک دار سطح کے ناقص شعاع ریز (Bad radiator) ہونے کے باعث ان میں گرم چائے دیر تک ٹھنڈی ہونے نہیں پاتی -

۴ - کھانا پکانے کے برتن مثلاً دیگچی کا پیندا سیاہ ہوتا ہے - اس کا فائدہ یہ ہے کہ یہ حرارت کو زیادہ جذب کرتا ہے اور کھانے کے پکنے میں مدد دیتا ہے -

۵ - تیز آگ سے محفوظ رہنے کے لیے، جیسی وہ بعض بھٹیوں میں پیدا ہوتی ہے، موٹے شیشے کی آتشیں سکرین (Fire screen) استعمال کی جاتی ہے - موٹے شیشے میں سے روشنی کی شعاعیں گزر جاتی ہیں اس لیے آگ کی بھٹی اس کے اندر سے بخوبی دکھائی دیتی ہے مگر حرارتی شعاعیں اس میں سے نہیں گزر سکتیں جس کے باعث دیکھنے والا حرارت کی شدت سے محفوظ رہتا ہے -

۶ - کرہ ہوائی میں جو آبی بخارات موجود ہوتے ہیں وہ حرارتی شعاعوں کو جذب کرنے کی خاصیت رکھتے ہیں - اس کا نتیجہ یہ ہے کہ وہ سورج کی حرارتی شعاعوں کے کافی بڑے حصے کو جذب کر لیتے ہیں جس کے باعث دھوپ کی شدت اور گرمی کم ہو جاتی ہے - یہی وجہ ہے کہ مرطوب موسم میں دھوپ کی تیزی کم اور خشک موسم میں زیادہ محسوس ہوتی ہے -

حسابی مثالیں

Example 1. A black body with an initial temperature of 300°C is allowed to cool inside an evacuated enclosure surrounded by melting ice at the rate of 0·35°C per second. If the mass, specific heat and surface area of the body are 2 gms, 0·10 and 8 sq. cms. respectively, calculate the Stefan's constant.

ایک سیاہ جسم کو ، جس کا ابتدائی ٹمپریچر 300°C ہے ، ایک خلا بنائے ہوئے بند احاطے کے اندر رکھا گیا ہے جس کے باہر پگھلی ہوئی برف پڑی ہے اور وہ 0·35°C فی سیکنڈ کی شرح سے ٹھنڈا ہوتا ہے ۔ اگر اس جسم کی کمیت 32 گرام ہو ، اس کی حرارت مخصوصہ 0·10 اور اس کا رقبہ 8 مربع سنٹی میٹر ہو تو سٹیفن کے مستقل کی قیمت معلوم کرو۔

سیاہ جسم کا ٹمپریچر $= T = 300° = (300 + 273)$

$= 573°K$

بند احاطے کا ٹمپریچر $= T_0 = 0°C = 273°K$

جسم کی کمیت $= m = 32$ (گرام)

جسم کی حرارت مخصوصہ $= S = 0·10$

ٹمپریچر کی تبدیلی کی شرح $= \frac{dT}{dt} = 0·35$

جسم کا رقبہ $= A = 8$ (مربع سم)

جسم کی فی سیکنڈ فی اکائی رقبہ خارج کردہ حرارت $= E$

$$= \frac{mS}{A} \times \frac{dT}{dt} = \frac{832 \times 0·}{1 \times 0·35}$$

$= 0·14$ کلوری

$= 0·14 \times 4·18 \times 10^7$ ارگ

σ = سٹیفن کا مستقل

$\because \qquad E=\sigma(T^4-T_0{}^4)$

$\therefore \qquad \sigma=\frac{E}{T^4-T_0{}^4}=\frac{0{\cdot}14\times4{\cdot}18\times10^7}{537^4-273^4}$

$=5{\cdot}73\times10^5 \text{ ergs/cm}^{-2}/\text{sec}^{-1}$

Example 2. A blackened metal sphere of radius 3 cm. is suspended in an exhausted chamber. The walls of the chamber are maintained at 127°C. At what rate must energy be supplied to the sphere so as to keep its temperature constant at 227°C.

دھات کے سیاہ کیے ہوئے ایک گولے کو ، جس کا نصف قطر 3 سنٹی میٹر ہے ، ایک خانے میں لٹکایا گیا ہے جس کے اندر سے ہوا خارج کر کے ایک خلا بنا دیا گیا ہے ۔ اس خانے کی دیواروں کو 127°C پر برقرار رکھا جاتا ہے تو معلوم کرو کہ گولے کو کس شرح سے توانائی مہیا کی جائے جس سے اس کا ٹمپریچر 227°C پر قائم رہے ۔

توانائی اسی شرح سے مہیا کرنی چاہیے جس شرح سے وہ اشعاع حرارت کے ذریعے خارج ہو رہی ہے ۔

گولے کا نصف قطر $= r = 3$ cm.

گولے کا رقبہ $= A = 4\pi r^2 = 4\pi\times9 = 113{\cdot}1$ sq. cm.

گولے کا ٹمپریچر $= 227+273 = 500°K$

ماحول کا ٹمپریچر $= 127+273 = 400°K$

سٹیفن کا مستقل $= \sigma = 5{\cdot}735\times10^{-12}$

گولے کی فی سیکنڈ خارج کردہ توانائی $= R$

$\because \qquad R=A\sigma(T^4-T_0{}^4)$

$\therefore \qquad R=113{\cdot}1\ (5{\cdot}735\times10^{-12})$

$\times(500^4-400^4)=23{\cdot}55$ (جاؤل)

Example 3. A blackened iron ball suspended in an evacuated enclosure is observed to cool at the rate of 6°C in 10 seconds, when its tempetature is 427°C. At what temperature will its rate of cooling be halved. The mean temperature of the surroundings is 17°C.

لوہے کا ایک سیاہ کیا ہوا گولہ ایک بند برتن میں لٹکایا گیا ہے جس میں سے ہوا خارج کرکے خلا پیدا کیا ہوا ہے۔ جب اس گولے کا ٹمپریچر 427°C ہوتا ہے تو وہ 10 سیکنڈ میں 6°C کی شرح سے ٹھنڈا ہوتا ہے۔ معلوم کرو کہ کس ٹمپریچر پر اس کے ٹھنڈا ہونے کی شرح اس سے آدھی ہو جائےگی۔ ماحول کا اوسط ٹمپریچر 17°C ہے۔

پہلی صورت میں

گولے کا ٹمپریچر $= T_1 = 427 + 273 = 700°K$

گولے کے فی سیکنڈ ٹھنڈے ہونے کی شرح $= R_1 = \frac{6}{10} = 0{\cdot}6°C$

ماحول کا ٹمپریچر $= T_0 = 17 + 237 = 290°K$

چونکہ سٹیفن کے قانون کے مطابق

$$R_1 = \sigma(T_1^4 - T_0^4)$$

$$\therefore \quad 0{\cdot}6 = \sigma(700^4 - 290^4) \ldots\ldots\ldots (i)$$

دوسری صورت میں

گولے کا ٹمپریچر $= T_2$

گولے کے فی سیکنڈ ٹھنڈا ہونیکی شرح $= R_2 = \frac{1}{2} R_1 = 0{\cdot}3°C$

$$\because \quad R_2 = \sigma(T_2^4 - T_0^4)$$

$$\therefore \quad 0{\cdot}3 = \sigma(T_2^4 - 290^4) \ldots\ldots\ldots (ii)$$

(ii) کو (i) پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{0{\cdot}3}{0{\cdot}6} = \frac{\sigma\,(T_2^4 - 290^4)}{\sigma(700^4 - 290^4)}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{2}=\frac{T_2^4-290^4}{700^4-290^4}$$

$$2T_2^4-2(290)^4=(700)^4-(290)^4$$

$$2T_2^4=(700)^4+(290)^4$$

$$=2472\times10^8$$

$$\therefore \quad T_2^4=1236\times10^8$$

$$\therefore \quad T_2=(1236\times10^8)^{\frac{1}{4}}$$

$$=593^\circ K$$

$$=(593-273)=320^\circ C$$

Example 4 A uniformly heated enclosure is maintained at a temperature of 1227°C and has opening of diameter 6 mm, which acts like a black body. Calculate the energy in calories radiated out per minute from the opening. (Stefan's contant

$$=5{\cdot}735\times10^{-5} \text{ ergs cm}^{-2} \text{ sec}^{-1} \text{ deg}^{-4}$$

یکساں گرم کیے ہوئے ایک بند برتن کو 1227°C کے ٹمپریچر پر برقرار رکھا جاتا ہے ۔ اس میں 6 ملی میٹر قطر کا ایک سوراخ ہے جو سیاہ جسم کی طرح عمل کرتا ہے ۔ اس سوراخ میں سے فی منٹ اشعاع ہونے والی حرارت کلوریوں میں معلوم کرو ۔ سٹیفن کے مستقل کی قیمت $5{\cdot}735\times10^{-5}$ ارگ سم $^{-2}$ سیکنڈ $^{-1}$ ڈگری $^{-4}$ ہے ۔

چونکہ ایک سیاہ جسم کی ایک مربع سنٹی میٹر سطح سے فی سیکنڈ خارج ہونے والی حرارت σT^4 ہے ، اس لیے اگر سوراخ مذکورہ کا رقبہ A ہو (جو ایک سیاہ جسم کا کام کرتا ہے) تو اس سے خارج ہونے والی حرارت فی سیکنڈ $A\sigma T^4$ ہوگی اور فی منٹ خارج والی حرارت $A\sigma T^4\times60$ ہوگی ۔

سوراخ کا قطر $= 6$ mm. $= 0{\cdot}6$ cm.

سوراخ کا نصف قطر $= r = 0{\cdot}3$ cm.

سوراخ کا رقبہ $= A = \pi r^2 = \pi \times (0{\cdot}3)^2$

سٹیفن کا مستقل $= \sigma = 5{\cdot}735 \times 10^{-5}$

گرم جسم کا ٹمپریچر $= T = 1227 + 273 = 1500°K$

فی منٹ خارج ہونے والی حرارت $= A\sigma T^4 \times 60$ (ارگ)

$= \pi \times (0{\cdot}3)^2 \times 5{\cdot}735 \times 10^{-5} \times (1500)^4 \times 60$ (ارگ)

$= \dfrac{\pi \times (0{\cdot}3)^2 \times 5{\cdot}735 \times 10^{-5} \times (1500)^4 \times 60}{4{\cdot}18 \times 10^7}$ (کلوری)

$= 117{\cdot}9$ (کلوریاں)

پس سوراخ سے 117·9 کلوری فی منٹ کی شرح سے حرارت کا اخراج ہوگا۔

Example 5. A scientist named Abbot found that the wave length of maximum energy in the solar spectrum was $\lambda_m = 4753$ Angstrom units. If the value of Wein's constant be 0·293 cm. deg., what is the effective solar temperature.

ایبٹ نامی ایک سائنس دان نے معلوم کیا کہ شمسی طیف (یعنی سورج کے سپیکٹرم) میں سب سے زیادہ توانائی رکھنے والے طول موج λ_m کی قیمت 4753 آنگ سٹرام یونٹ ہے، اگر وئین کے مستقل کی قیمت 0·293 سنٹی میٹر ڈگری ہو تو سورج کا موثر ٹمپریچر کیا ہوگا ؟

زیادہ سے زیادہ توانائی کا طول موج $= \lambda_m = 4753$ (A.U.)

$= 4753 \times 10^{-8}$ cm.

سورج کا ٹمپریچر $= T$

وئین کا مستقل $= 0{\cdot}293$

$\because \quad \lambda_m T =$ مستقل $= 0{\cdot}293$

$\therefore \quad 4753 \times 10^{-8} \times T = 0{\cdot}293$

یا $\quad T = \dfrac{0{\cdot}293}{4753 \times 10^{-8}} = 6165°K$

Example 6. In an atomic explosion, the maximum temperature reached was of the order of 10^7K. Calculate the wave length of maximum energy. Take Wein's constant as 0·293 cm. deg.

ایک ایٹمی دھماکے میں سب سے زیادہ ٹمپریچر، جو پیدا ہوا، 10^7K کے اندازے کا تھا۔ تو زیادہ سے زیادہ توانائی رکھنے والے طول موج کی قیمت معلوم کیجیے۔ وئین کے مستقل کی قیمت 0·293 سم ڈگری ہے۔

$\lambda_m =$ زیادہ سے زیادہ توانائی کا طول موج

ٹمپریچر $= T = 10^7$K

وئین کا مستقل $= 0{\cdot}293$

$\because \quad \lambda_m T =$ مستقل $= 0{\cdot}293$

$\therefore \quad \lambda_m \times 10^7 = 0{\cdot}293$

$\therefore \quad \lambda_m = \dfrac{0{\cdot}293}{10^7} = 2{\cdot}93 \times 10^{-8}$ (سم)

$= 2{\cdot}93$ (آنگ سٹرام یونٹ)

پس اس دھماکے میں زیادہ سے زیادہ توانائی رکھنے والا طول موج 2·93 آنگ سٹرام یونٹ کا ہوگا۔

Example 7. Luminosity of Rigel star in Orion constellation is 17000 times that of our sun. If the surface temperature of the sun is 6000°K, calculate the temperature of the star.

جوزا مجموعے میں ریجل ستارے کی نورافشانی ہمارے سورج سے 17000 گنا زیادہ ہے، اگر سورج کا سطحی ٹمپریچر 6000°K ہو تو ستارے کا ٹمپریچر معلوم کرو ۔

$$\text{سورج کا ٹمپریچر} = T_1 = 6000$$

$$\text{ستارے کا ٹمپریچر} = T_2$$

$$\text{سٹیفن کا مستقل} = \sigma$$

اگر فی سیکنڈ فی اکائی رقبہ خارج شدہ توانائی سورج کے لیے E_1 اور ستارے کے لیے F_2 ہو تو سٹیفن کے قانون کے مطابق

$$E_1 = \sigma T_1^4 = \sigma(6000)^4$$

$$E_2 = 17000\ E_1 = \sigma T_2^4$$

دوسری مساوات کو پہلی پر تقسیم کرنے سے

$$\frac{17000\ E_1}{E_1} = \frac{\sigma T_2^4}{\sigma (6000)^4}$$

$$T_2^4 = (6000)^4 \times 17000$$

$$\therefore \quad T_2 = 6000 \times (27000)^{\frac{1}{4}} = 68520°A$$

سوالات

Q. 1. (*a*) What do you understand by a black body.

(*b*) Describe the construction and working of Fery's black body.

(ا) سیاہ جسم سے آپ کی کیا مراد ہے ؟

(ب) فیری کے سیاہ جسم کی ساخت اور عمل بیان کیجیے ۔

Q. 2. Describe Crooke's radiator. On what principle is it based and what is it used for ?

کروکس کے ریڈیئیٹر کی تشریح کرو - یہ کس اصول پر مبنی ہے
اور کس کام کے لیے استعمال ہوتا ہے -

Q. 3. Explain the construction and working of the thermo-couple which is used for measuring the intensity of the thermal radiations.

اس تھرموکپل کی ساخت اور عمل کی وضاحت کیجیے جو حرارتی
شعاعوں کی شدت ناپنے کے کام آتا ہے -

Q. 4. Describe the construction of radio-micrometer and show how it is used. What is its chief defect ?

ریڈیو مائکرومیٹر کی ساخت بیان کیجیے اور بتائیے کہ اسے کس
طرح استعمال کیا جاتا ہے - اس میں بڑا نقص کیا ہے -

Q' 5. What is a bolometer, On what principle is it based. Describe Langley's bolometer and show what improvement was made in it by Lummer and Kurlbaun.

بولومیٹر کیا ہوتا ہے اور یہ کس اصول پر بنایا جاتا ہے - لینگلے
کے بولومیٹر کی وضاحت کرو اور بتاؤ کہ لیومر اور کرل بون نے
اس میں کیا اصلاح کی ہے -

Q. 6. Give the main characteristics of Thermal radiation and show that they are identical with the light rays.

حرارتی شعاعوں کی اہم خصوصیات بیان کیجیے اور ثابت کیجیے
کہ وہ ہر طرح روشنی کی شعاعوں کے مشابہ ہیں -

Q. 7. (*a*) Define emissive power and emissivity. What is the relation between them.

(*b*) How will you compare the emissive power of different surfaces.

(ا) اخراجی طاقت اور اخراجیت کی تعریف کیجیے - ان میں کیا
تعلق ہے -

(ب) آپ مختلف سطحوں کی اخراجی طاقت کا موازنہ کیسے کرینگے-

Q. 8. Define absorptive power. How can the absorptive power of a body be compared with that of lamp black.

جذبی طاقت کی تعریف کیجیے - کسی جسم کی جذبی طاقت کا کاجل کی جذبی طاقت کے ساتھ کس طرح مقابلہ کیا جا سکتا ہے -

Q. 9. Define reflective power and give a method of finding the reflec ting power of a surface by experiment.

انعکاسی طاقت کی تعریف کرو اور کسی دی ہوئی سطح کی انعکاسی طاقت تجربے سے معلوم کرنے کا طریقہ بیان کرو -

Q. 10. (*a*) What is meant by the terms Diathermanous and Athermanous.

(*b*) Define Diathermancy and show how it can be found by experiment.

(ا) حرارت گزار اور غیر حرارت گزار سے کیا مراد ہے -

(ب) حرارت گزاری کی تعریف کیجیے اور بتائیے کہ اسے تجربے کے ذریعے کس طرح معلوم کیا جاتا ہے -

Q. 11. Write a short note on Prevost's theory of exchanges.

پری ووسٹ کے تبادلوں کے نظریے پر ایک مختصر نوٹ لکھو -

Q. 12. What do you know about the radiations in a uniform temperature enclosure. How does such an enclosure behave as a black body ?

آپ یکساں ٹمپریچر کے بند احاطے میں حرارتی اشعاع کے متعلق کیا جانتے ھیں - ایسا بند احاطہ ایک سیاہ جسم کا کام کیونکر دیتا ہے -

Q. 13. State Kirchhoff's law and prove it theoretically. How can the truth of this law be verified by experiment.

کرشوف کا قانون بیان کرو اور اس کو نظری طور پر ثابت کرو- اس قانون کی تصدیق تجربے سے کس طرح کی جا سکتی ہے -

Q. 14. State Kirchhoff's law. Give some examples from every day life in which this law is applied.

کرشوف کا قانون بیان کرو اور روزمرہ زندگی میں سے بعض ایسی مثالیں دو جن میں کرشوف کے قانون کا اطلاق ھوتا ہے -

Q 15. Explain the terms emissive power and absorptive power. Prove that the ratio between the emissive power and absorptive power of a substance at any temperature is constant and is equal to the emissive power of a perfect black body.

اخراجی طاقت اور جذبی طاقت کی تعریف کرو - ثابت کرو کہ کسی بھی ٹمپریچر پر ایک شے کی اخراجی طاقت اور جذبی طاقت کی نسبت مستقل رھتی ھے اور وہ ایک کامل سیاہ جسم کی اخراجی طاقت کے برابر ھوتی ھے -

Q. 16. Show by Kirchhoff's law that good emitters are good absorbers. How can this fact be verified experimentally ?

کرشوف کے قانون کی مدد سے ثابت کیجیے کہ اچھے خارج کنندہ اچھے جاذب ھوتے ھیں - اس حقیقت کی تصدیق تجربے سے کس طرح ھوتی ھے -

Q. 17. State Stefan's law and prove it from thermo-dynamical consideration.

سٹیفن کا قانون بیان کرو اور اسے حرارتی حرکیاتی اصولوں سے ثابت کرو -

Q. 18. (*a*) Explain Stefan's law.

(*b*) Describe an experiment to verify this law.

Or

Describe how Lummer and Pringsheim verified Stefan's law experimentally.

(ا) سٹیفن کے قانون کی وضاحت کرو -

(ب) اس قانون کی تصدیق کرنے کے لیے ایک تجربہ بیان کرو -

یا

بیان کرو کہ لیومر اور پرنگ شیم نے سٹیفن کے قانون کو تجربے سے کیونکر ثابت کیا -

Q. 19. State and prove theoretically Stefan-Boltzmann law.

Describe a method of determining Stefan's constant.

سٹیفن اور بولٹز مان کے قانون کو بیان کیجیے اور نظری طور پر اس کو ثابت کیجیے ۔

ایک طریقہ بیان کیجیے جس سے سٹیفن کے مستقل کی قیمت معلوم ہو سکے ۔

Q. 20. State how Newton's law of cooling can be derived from Stefan's law.

بیان کیجیے کہ نیوٹن کا ٹھنڈک کا قانون سٹیفن کے قانون سے کس طرح اخذ کیا جا سکتا ھے ۔

Q. 21. State and explain (*i*) Wein's displacement law and (*ii*) Wein's fifth power law.

(*i*) وئین کے ہٹاؤ کے قانون اور (*ii*) وئین کے پانچویں طاقت کے قانون کو بیان کیجیے اور اس کی وضاحت کیجیے ۔

Q. 22. State the equations for the distribution of energy in a spectrum as derived by (*i*) Wein (*ii*) Raleigh and Jeans and (*iii*) Planck. Which of them agrees best with the experimental facts.

ایک طیف میں توانائی کی تقسیم کے متعلق (*i*) وئین کی مساوات (*ii*) ریلے اور جینز کی مساوات اور (*iii*) پلانک کی مساوات بیان کیجیے ۔ ان میں سے کونسی مساوات تجربے کی کسوٹی پر کامل طور پر پوری اترتی ھے ۔

Q. 23. (*a*) What is a Radiation pyrometer ? What are its merits and demerits ?

(*b*) Describe one form of Radiation pyrometer.

(ا) اشعاعی پائرومیٹر کیا ھوتا ھے ۔ اس کی خوبیاں اور خامیاں کیا ھیں ۔

(ب) کسی ایک قسم کے اشعاعی پائرومیٹر کی تشریح کرو ۔

Q. 24. Describe either Fery's total radiation pyrometer or Disappearing filament optical pyrometer for the determination of high temperatures. How is the range of such a pyrometer be increased by the use of a sector.

اونچے ٹمپریچروں کو ناپنے کے لیے فیری کا کامل اشعاعی پائرومیٹر یا غائب ہونے والی فلامنٹ کا ضیائی پائرومیٹر بیان کرو۔ سیکٹر کے استعمال سے ایسے پائرومیٹر کی حد کیونکر بڑھائی جا سکتی ہے۔

Q. 25. What is Solar constant. How can the Solar constant be measured with a pyrheliometer.

شمسی مستقل کیا ہوتا ہے۔ ایک پائر ہیلیومیٹر یعنی آتشی شمس پیما کی مدد سے شمسی مستقل کس طرح معلوم کیا جاتا ہے۔

Q. 26. Describe the construction and working of either water-flow pyrheliometer or Angstrom's pyrheliometer. How is the Solar constant measured with this instrument.

آبی بہاؤ پائر ہیلیومیٹر یا آنگ سٹرام کے پائر ہیلیومیٹر کی ساخت اور عمل کی تشریح کرو اس آلے سے شمسی مستقل کی قیمت کس طرح معلوم کی جاتی ہے۔

Q. 27. Write what you know about the temperature of the sun. How is the temperature of the sun determined.

سورج کے ٹمپریچر کے متعلق آپ جو کچھ جانتے ہیں، تحریر کریں۔ سورج کا ٹمپریچر کس طرح معلوم کیا جا سکتا ہے۔

Q. 28. Write a brief note on (*i*) the temperature of the stars and (*ii*) the temperature of the planets.

(*i*) ستاروں کے ٹمپریچر (*ii*) سیاروں کے ٹمپریچر پر ایک مختصر نوٹ قلم بند کرو۔

Q. 30. Describe some of the examples from everyday life, in which the principles of the radiation of heat are applied.

روزمرہ زندگی سے بعض ایسی مثالیں بیان کیجیے جن میں اشعاع حرارت کے اصولوں کا عملی اطلاق ہوتا ہو۔

Q. 29. Describe the modern concepts about the source of solar energy.

سورج کی توانائی کے منبع کے متعلق جدید نظریات بیان کیجیے۔

اصطلاحات

اصطلاحات

A

Absolute	مطلق
Absolute scale	مطلق پیمانہ
Absolute temperature	مطلق ٹمپریچر
Absolute zero	مطلق صفر
Absorption	جذب ۔ انجذاب
Absorption spectrum	جذبی طیف
Acceleration	اسراع
Adiabatic	حرارت ناگزار
Adiabatic change	حرارت ناگزار تبدیلی
Adiabatic curve	حرارت ناگزار کج خط
Air conditioning	ہوا سدھار
Air thermometer	ہوائی تھرمامیٹر
Alcohol thermometer	الکوحل تھرمامیٹر
Apparent expansion	ظاہری پھیلاؤ
Aqueous vapour	آبی بخارات
Athermanous	غیر حرارت گزار
Atmosphere	کرہ ہوائی
Atom	ایٹم
Atomic heat	ایٹمی حرارت
Attraction	کشش
Axis	محور

B

Bad conductor	ناقص موصل
Bar	سلاخ
Barometer	بیرومیٹر
Battery	بیٹری
Black body	سیاہ جسم
Boiling point	نقطۂ جوش ۔ کھولاؤ کا درجہ
Bolometer	بولومیٹر ۔ شعاعی حرارت پیما
Bomb calorimeter	بم کلوری میٹر ۔ بم حرارہ پیما
Breeze	نسیم
Brownian movement	براؤنی حرکت

C

Calculus	کیلکولس ۔ احصاء
Calibration	درجہ بندی
Caloric	کلورک
Calorie	کلوری
Calorific value	حرارت زا قیمت
Calorimeter	کلوری میٹر ۔ حرارہ پیما
Centigrade	سنٹی گریڈ
Chromosphere	رنگین کرہ
Coefficient	معیار ۔ قدر
Conduction (of heat)	ایصال حرارت
Conductivity	ایصالیت
Conductor	موصل
Convection	ترسیل (حرارت)
Convection current	ترسیلی رو
Correction	تصحیح

Corresponding state	متناظرہ حالت
Cosine	کوسائن ۔ جیب التمام
Cotangent	کوٹینجنٹ ۔ ظل التمام
Couple	جفتہ
Critical	فاصل
Critical temperature	فاصل ٹمپریچر
Cryostat	کرائیوسٹیٹ ۔ سردقرار
Crystal	کرسٹل ۔ قلم
Curve	کج خط

D

Degree	ڈگری ۔ درجہ
Density	کثافت
Dew	شبنم
Dew point	نقطۂ شبنم
Diathermanous	حرارت گزار
Differential	تفرق
Diffusion	نفوذ ۔ پراگندگی
Disc	قرص

E

Efficiency	کارکردگی
Elasticity	لچک
Electric	برق
Electricity	برق
Emission	اخراج
Emissive power	اخراجی طاقت
Energy	توانائی
Engine	انجن

Entropy	ناکارگی - این ٹراپی
Equation	مساوات
Equilibrium	توازن
Error	غلطی
Evaporation	تبخیر
Expansion	پھیلاؤ

F

Figure	شکل
Flow	بہاؤ
Force	قوت
Formula	فارمولا - کلیہ
Freeze	جمانا
Freezing mixture	انجمادی آمیزہ
Freezing point	نقطۂ انجماد
Frequency	تعدد
Friction	رگڑ
Fuel	ایندھن

G

Gamma rays	گاما شعاعیں
Gas	گیس
Gaseous	گیسی
Gradient	ڈھال
Gram	گرام
Graph	گراف

H

Heat	حرارت
Helium	ہیلئیم

Humid	مرطوب
Humidity	مرطوبیت

I

Ice	برف
Infinite	لامتناهی
Insulator	حاجز
Integral calculus	تکمیلی احصاء
Inverse	الٹاؤ
Intensity	شدت
Internal	اندرونی
Inverse	معکوس
Irregular	بے قاعدہ
Irreversible	غیر رجعت پذیر

J

Jet	دھار - جٹ
Joule	جاؤل

K

Kinetic energy	حرکتی توانائی
Kinetic theory	حرکتی نظریہ

L

Lamp black	کاجل
Latent heat	مخفی حرارت
Law	قانون
Lens	عدسہ
Limit	حد
Line	خط

Linear expansion	طولی پھیلاؤ
Liquid	مائع
Liquefaction	مائع بنانا

M

Manometer	مینومیٹر - داب پیما
Mass	کمیت
Mean	اوسط
Melting point	نقطۂ اماعت - پگھلاؤ کا نقطہ
Meniscus	ہلالی سطح - ہلال
Molecule	مالیکیول
Monochromatic	یک رنگی
Negative	منفی

N

Normal	نارمل - طبعی
Number	عدد
Numerical	عددی

O

Observation	مشاہدہ

P

Particle	ذرہ
Period	پیرڈ - دور
Positive	مثبت
Potential	پوٹانشل
Principle	اصول
Probability	امکان
Proportional	متناسب

Pyrometer	پائرومیٹر ۔ آتش پیما

R

Radiation	اشعاع
Radiator	شعاع ریز
Relative humidity	اضافی مرطوبیت
Resistance	مزاحمت
Resistance thermometer	مزاحمتی تھرمامیٹر
Reversibility	رجعت پذیری
Reversible	رجعت پذیر

S

Saturated	سیر شدہ
Sea breeze	نسیم بحری
Sensitive	حساس
Sine	سائین ۔ جیب
Solar	شمسی
Solid	ٹھوس
Space	فضا
Specific heat	حرارت مخصوصہ
Spectrum	طیف
Sphere	کرہ
Spherical	کروی
Steam	بھاپ
Steam engine	بھاپ کا انجن
System	نظام

T

Tangent	ٹینجنٹ ۔ ظل ۔ مماس
Theory	نظریہ

Thermal	حرارتی
Thermo-dynamics	حرارتی حرکیات
Thermo-couple	حرارتی جفتہ
Thermo-electric	حرارتی برق
Thermometer	تھرمامیٹر - تپش پیما
Thermostat	تھرموسٹیٹ - تپش قرار
Transmission	انتقال
Triple point	تہرا نقطہ
Turbine	ٹربائین

U

Unit	اکائی-یونٹ

V

Vacuum	خلا
Value	قیمت
Vaporisation	تبخیر
Vapour	بخارات
Velocity	رفتار
Viscosity	لزوجت

W

Water equivalent	آب مساوی
Work	کام

Z

Zero	صفر